

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-52360

(43) 公開日 平成9年(1997)2月25日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J	2/045		B 4 1 J	3/04
	2/055			1 0 3 A
	2/01			1 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数22 F D (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平8-110384	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成8年(1996)4月5日	(72) 発明者	北原 強 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平7-97239	(72) 発明者	森腰 耕司 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(32) 優先日	平7(1995)4月21日	(72) 発明者	百瀬 薫 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 木村 勝彦 (外1名)
(31) 優先権主張番号	特願平7-97240		
(32) 優先日	平7(1995)4月21日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平7-166969		
(32) 優先日	平7(1995)6月8日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

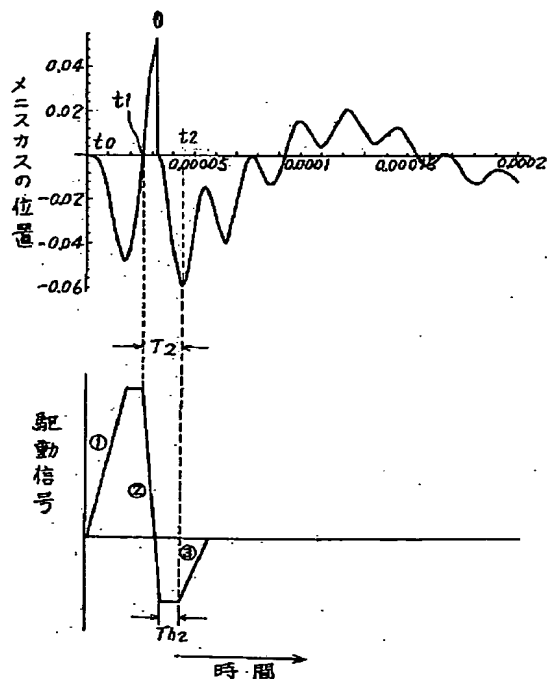
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録装置

(57) 【要約】

【課題】 高速駆動に起因するインク滴の着点位置のぶれやインクミストの発生を防止すること。

【解決手段】 圧力発生室をヘルムホルツ共振周波数の周期  $T_c$  にほぼ一致する時間で拡大させる第1の信号①と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号②と、インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動が最も圧力発生室に移動した時点で第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で圧力発生室を再び拡大させる第3の信号③を圧電振動子に印加して、インク滴の吐出により発生したメニスカスの振動が、ノズル開口に向かおうとした時点で、再び圧力発生室を膨張させてメニスカスの運動エネルギーを効果的に減衰させて、次のインク滴吐出に最適な位置にメニスカスを留める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し、周期THのヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を拡大させる第1の信号と、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号と、前記インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を拡大させる第3の信号を出力する駆動信号発生手段とからなるインクジェット式記録装置。

【請求項2】 前記第3の信号は、その振幅が前記第2の信号の振幅の0.1乃至0.5倍に設定されている請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項3】 前記第3の信号は、その振幅が前記第2の信号の振幅の0.2乃至0.4倍に設定されている請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項4】 前記第3の信号は、その継続時間が周期THよりも小さく設定されている請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項5】 前記第3の信号は、その継続時間が前記第2の信号と実質的に同一の値に設定されている請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項6】 前記第2の信号が出力されてから前記第3の信号が出力されるまでの経過時間がヘルムホルツ共振周波数の周期THと実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項7】 前記第1の信号がヘルムホルツ共振周波数の周期THと実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項8】 前記第2の信号の継続時間が前記圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項9】 前記第3の信号の継続時間が前記圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項1に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項10】 ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し、周期THのヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を前記周期THにほぼ一致する時間で膨張させる第1の信号と、前記第1の信号の印加開始から一定の時間経過後に膨張状態にある前記圧力発生室を収

縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号と、前記インク滴吐出後に前記第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を膨張させる第3の信号を出力する駆動信号発生手段と、第1の信号と第3の信号との振幅比を調整する手段と、を備えてなるインクジェット式記録装置。

【請求項11】 前記振幅比は、前記第3の信号の継続時間により調整される請求項10に記載のインクジェット式記録装置。

10 【請求項12】 第3の信号は、その継続時間が第2の信号と実質的に同一の値に設定されている請求項10に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項13】 ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し、ヘルムホルツ共振周波数FHを備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を拡大させる第1の信号と、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号と、前記インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で前記第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を拡大させる第3の信号を出力する駆動信号発生手段と、

前記第2の信号の終了時点から前記第3の信号を印加するまでの時間を調整する手段とを備えてなるインクジェット式記録装置。

30 【請求項14】 前記第3の信号は、その振幅が前記第2の信号の振幅の0.1乃至0.5倍に設定されている請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項15】 前記第3の信号は、継続時間が周期THよりも小さく設定されている請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項16】 前記第3の信号は、その継続時間が前記第2の信号と実質的に同一の値に設定されている請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項17】 前記第2の信号が出力されてから前記第3の信号が出力されるまでの経過時間が周期THと実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

40 【請求項18】 前記第1の信号が周期THと実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項19】 前記第2の信号の継続時間が圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

50 【請求項20】 前記第3の信号の継続時間が圧電振動子の固有振動周期と実質的に同一の値に設定されていることを特徴とする請求項13に記載のインクジェット式

記録装置。

【請求項21】 前記第3の信号の出力する時点を環境温度に応じて制御する手段を備えた請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

【請求項22】 インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動が最も前記圧力発生室側に移動した時点に一致するように前記第3の信号を出力する時点を環境温度に応じて制御する手段を備えた請求項13に記載のインクジェット式記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術の分野】本発明は、縦振動モードの圧電振動子をアクチュエータに使用したインクジェット記録ヘッドの駆動技術に関する。

【0002】

【従来の技術】一部が弾性板により構成され、ノズル開口に連通する圧力発生室を、圧電振動子により膨張、収縮させて、インクの吸引、インク滴の形成を行うインクジェット式記録ヘッドの高速駆動用アクチュエータとして、圧電材料と導電層を交互に積層し、その軸方向の伸長する縦振動モードの圧電振動子が使用されている。このような縦振動モードを有する圧電振動子は、面をたわみませて振動する圧電振動子よりも圧力発生室との当接面積が小さく、しかも高速駆動が可能であるため、高い解像度での高速印刷が可能であるという特徴を備えている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような縦振動モードの圧電振動子は、高速駆動が可能であるものの、残留振動の減衰率が小さいため、インク滴吐出後にも大きな残留振動が残ってメニスカスの挙動に影響を与え、これに起因して次のインク滴吐出時におけるメニスカスの位置がバラつき、結果としてインク滴の飛翔方向が変動したり、またメニスカスのノズル開口側への大きなオーバーシュートによりインクミストが生じたりして印字品質の低下を招くという問題がある。本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、インクミストの発生やインク滴の飛行曲がりを引き起こすことなく、高速駆動が可能なインクジェット式記録装置を提供することである。また、本発明の第2の目的は、印字品質の低下を招くことなくドットサイズを変更することができるインクジェット式記録装置を提供することである。さらに本発明の第3の目的は、記録ヘッドの仕様や、環境温度に関わりなく、インクミストの発生やインク滴の飛行曲がりを引き起こすことなく、一定の駆動周波数で印刷が可能なインクジェット式記録装置を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】このような問題を解消するために本発明においては、ノズル開口、及びインク供

給口を介して共通のインク室に連通し、周期THのヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、前記圧力発生室を拡大させる第1の信号と、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号と、前記インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で前記圧力発生室を拡大させる第3の信号を出力する駆動信号発生手段とを備えるようにした。

【0005】

【作用】インク滴の吐出により発生したメニスカスの振動が、ノズル開口側に向かう時点で、第3の信号により圧力発生室を微小膨張させてメニスカスの振動を効果的に減衰させ、かつ次のインク滴吐出に最適な位置となるようにノズル開口の内側にメニスカスを留めさせる。

【0006】

【発明の実施の形態】そこで以下に本発明の詳細を図示した実施例に基づいて説明する。図1は、本発明に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示すものであって、図中符号1はノズル開口2が穿設されたノズルプレート、7は流路構成板、8は弾性板で、流路構成板7の両面をノズルプレート1と弾性板8とで封止してインク流路ユニット11が構成されている。

【0007】このインク流路ユニット11は、圧力発生室3、共通のインク室4、及びこれらを接続するインク供給口5を有し、後述する圧電振動子9の伸長、収縮を受けてインク滴を吐出したり、またインクを吸引したりする働きをするものである。

【0008】9は、圧電振動子で、伸長方向に平行に圧電材料と導電材料を交互に積層して構成され、充電状態では導電層の積層方向と直角な方向に収縮し、また充電状態から放電状態に移る時点で導電層と直角な方向に伸長する、いわゆる縦振動モードの振動子で、その先端を圧力発生室3を形成している弾性板8に当接させた状態で他端が基台10に固定されている。

【0009】ところで、このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧力発生室3のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスをCi、また圧力発生室3を形成している弾性板8、ノズルプレート1等の材料自体の固体コンプライアンスをCv、ノズル開口2のイナータンスをMn、インク供給口5のイナータンスをMsとすると、圧力発生室3のヘルムホルツ周波数FHは、

$$FH = 1 / 2\pi \times \sqrt{\{(Mn + Ms) / (Ci + Cv)(Mn \times Ms)\}}$$

により表すことができる。

【0010】なお、流体コンプライアンスCiは、圧力発生室3の体積をV、インクの密度をρ、インク中での音速をcとすると、

10

20

30

40

50

$$C_i = V / \rho c^2$$

により表すことができる。

【0011】さらに圧力発生室3の固体コンプライアンス $C_v$ は、圧力発生室3に単位圧力を印加したときの圧力発生室3の静的な変形率に一致する。

【0012】具体例を挙げると、長さが0.5乃至2mmで、幅0.1乃至0.2mm、深さ0.05乃至0.3mmのサイズとして構成された圧力発生室3の場合、ヘルムホルツ共振周波数 $F_H$ は50kHz乃至200kHz程度となる。

【0013】図2は、上述したインクジェット式記録ヘッドを駆動する駆動回路の一実施例を示すものであって、図中符号20は、制御信号発生回路で、入力端子21、22と出力端子23、24、25を備え、端子21、22には印刷データを生成する外部装置からの印字信号とタイミング信号が入力し、また出力端子23、24、25からシフトクロック信号、印字信号、及びラッチ信号が出力するように構成されている。

【0014】26は、駆動信号発生回路で、端子22から入力した外部装置からのタイミング信号に基づいて圧電振動子9、9、9……を駆動する駆動信号を出力するものである。

【0015】 $F_1$ 、 $F_1$ 、 $F_1$ ……は、それぞれラッチ回路を構成するフリップフロップであり、また $F_2$ 、 $F_2$ 、 $F_2$ ……はシフトレジスタを構成するフリップフロップで、フリップフロップ $F_2$ 、 $F_2$ 、 $F_2$ ……から各圧電振動子9、9、9……に対応して出力された印字信号をフリップフロップ $F_1$ 、 $F_1$ 、 $F_1$ ……でラッチし、オアゲート28、28、28……を介して各スイッチングトランジスタ30、30、30……に選択信号を出力するように構成されている。

【0016】図3は、前述の制御信号発生回路20の一実施例を示すものであって、図中符号31は、カウンタで、端子22から入力するタイミング信号（図5

(I)）の立ち上がりで初期化され、発振回路33からのクロック信号を駆動信号発生回路26の出力端子29に接続されている圧電振動子9、9、9……の数に一致する値まで計数した時点でLOWレベルのキャリア信号を出力して計数動作を停止するものである。このカウンタ31のキャリア信号は、ANDゲートを介して発振回路23からのクロック信号と論理積を取られて端子23にシフトクロック信号を出力する。

【0017】また、符号34は、端子21から入力する圧電素子9、9、9……に一致するビット数の印字データを記憶するメモリで、ANDゲートからの信号に同期して内部に記憶している印字データを端子24に1ビット毎にシリアル出力する機能をも合わせ備えている。

【0018】この端子24からシリアル転送される印字信号（図5（VII））は、次の印刷周期でスイッチングトランジスタ30、30、30……の選択信号となり、

印字信号の端子23から出力されたシフトクロック信号（図5（VIII））により前述のシフトレジスタを構成しているフリップフロップ $F_1$ 、 $F_1$ 、 $F_1$ ……にラッチされる。なお、ラッチ信号は、前述のキャリア信号の立ち下がりに同期してラッチ信号生成回路35から出力され、その出力の時点は後述する駆動信号が中間電位VMを維持する期間である。

【0019】図4は、前述した駆動信号発生回路26の一実施例を示すものであって、図中符号36は、タイミング制御回路で、縦属接続された3つのワンショットマルチバイブレータ $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ を有し、各ワンショットマルチバイブレータ $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ にはそれぞれ第1の充電時間（ $T_{c1}$ ）と第1のホールド時間（ $T_{h1}$ ）との和 $T_1 = (T_{c1} + T_{h1})$ 、放電時間（ $T_d$ ）と第2のホールド時間（ $T_{h2}$ ）との和 $T_2 = (T_d + T_{h2})$ 、及び第2の充電時間 $T_{c2}$ を規定するためのパルス幅 $PW_1$ 、 $PW_2$ 、 $PW_3$ （図5（II）、（III）、（IV））が設定されている。

【0020】各ワンショットマルチバイブレータ $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ から出力するパルスの立ち上がり、立ち下がりによりそれぞれ充電を実行させるトランジスタ $Q_2$ 、放電を実行させるトランジスタ $Q_3$ 、及び第2の充電を実行させるトランジスタ $Q_6$ をオン、オフ制御するように構成されている。

【0021】外部装置からのタイミング信号が端子22に入力すると、タイミング制御回路36を構成するワンショットマルチバイブレータ $M_1$ は、予めこれに設定されているパルス幅 $PW_1$ （ $T_{c1} + T_{h1}$ ）のパルス信号

（図5（II））を出力する。このパルス信号によりトランジスタ $Q_1$ がオンとなると、初期状態で既に電位VMに充電されているコンデンサCがトランジスタ $Q_2$ と抵抗 $R_1$ とにより定まる一定電流 $I_{c1}$ でもって充電される。この充電によりコンデンサCの端子電圧が電源電圧 $V_H$ になると、充電動作が自動的に停止し、以後、放電されるまでこの電圧が維持される。

【0022】次にワンショットマルチバイブレータ $M_1$ のパルス幅 $PW_1$ に相当する時間（ $T_{c1} + T_{h1}$ ）= $T_1$ が経過してこれが反転すると、トランジスタ $Q_1$ がオフとなり、またワンショットマルチバイブレータ $M_2$ からパルス幅 $PW_2$ のパルス信号（図5（III））が出力してトランジスタ $Q_3$ がオンとなってコンデンサCを放電させる。この放電は、トランジスタ $Q_4$ と抵抗 $R_3$ とにより定まる一定電流 $I_d$ でもってほぼ電圧 $V_L$ に到達するまで継続して行なわれる。

【0023】ワンショットマルチバイブレータ $M_2$ のパルス幅 $PW_2$ に相当する時間（ $T_d + T_{h2}$ ）が経過してこれが反転すると、ワンショットマルチバイブレータ $M_3$ からパルス幅 $PW_3$ のパルス信号（図5（IV））が出力してトランジスタ $Q_6$ がオンとなる。これによりコンデンサCは、一定電流 $I_{c2}$ で再び充電され、ワンショット

マルチバイブレータM3のパルス幅PW3に相当する時間(Tc2)で決まる中間電位VMに到達し、この電位VMで充電が終了する。

【0024】このような充放電により、図5に示したような中間電位VMから電圧VHに一定の勾配で上昇し、この電圧VHを一定時間Th1を保持し、今度は一定の勾配でVLまで降下し、この電圧VLを一定時間Th2を保持し、さらに再び中間電位VMまで上昇する駆動信号が発生する。

【0025】ところで、上述の駆動信号発生回路26におけるコンデンサCの容量をC0、抵抗R1の抵抗値をRr1、抵抗R2の抵抗値をRr2、抵抗R3の抵抗値をRr3、トランジスタQ2、Q4、Q7のベース-エミッタ間の電圧をそれぞれVbe2、Vbe4、Vbe7とすると、前述した充電電流Ic1、放電電流Id、充電電流Ic2、及び充電時間Tc1、放電時間Td、及び充電時間Tc2は、それぞれ

$$Ic1 = Vbe2 / Rr1$$

$$Id = Vbe4 / Rr3$$

$$Ic2 = Vbe7 / Rr2$$

$$Tc1 = C0 \times (VM - \bar{VM}) / Ic1$$

$$Td = C0 \times (VH - VL) / Id$$

$$Tc2 = C0 \times (VM - VL) / Ic2$$

となる。

【0026】圧力発生室3を膨張収縮させるためのアクチュエータとして縦振動モードの圧電振動子9を使用し、また高速駆動のために圧力発生室3のヘルムホルツ周波数FHが高くなるように構成された記録ヘッドにあっては、前述したようにインク滴吐出後の圧電振動子9の残留振動の継続時間がヘルムホルツ周波数FHの周期THよりも相対的に長くなるため、メニスカスが圧電振動子9の残留振動の影響を受けてメニスカスが不安定になる。

【0027】このためこの実施例では、まず圧電振動子9の残留振動を抑制する目的で、インク滴吐出のための伸長時の放電時定数Tdと、圧力発生室3の微小膨張時の充電時定数Tc2とを共に圧電振動子9の固有振動周期Taに一致させ、さらにヘルムホルツ共振周波数THと、充電時定数Tc1、及び放電時定数Tdとの関係を、

$$0.5TH < Tc1 < 2TH, \text{望ましくは } Tc1 \approx TH$$

$$Td \approx Ta, \text{望ましくは } Td < TH$$

$$Tc2 \approx Ta, \text{望ましくは } Tc2 < TH$$

となるように設定する。また、放電電圧、つまり充電が完了して一定の電位となった状態と放電が完了した状態までの電位差V1と、放電が終了した状態と中間電位VMとの電位差V2の比V2/V1=R2/1が、0.1乃至0.5の範囲となるように設定しておく。

【0028】次ぎにこのように構成した装置の動作について説明する。前述したように制御信号発生回路20は、前の印刷周期の間にスイッチングトランジスタ3

0、30、30、……の選択信号を転送して、全ての圧電振動子9、9、9……が中間電位VMに充電されている期間にフリップフロップF1、F1、F1……にこの選択信号をラッチさせている。その後、タイミング信号が入力し、図5(V)に示す駆動信号が中間電位VMから電圧VHまで上昇して圧電振動子が充電される。圧電振動子9は、この充電により一定速度で収縮して圧力発生室3を膨張させる。

【0029】この圧力発生室3の膨張によりインク供給口5を介して共通のインク室4のインクが圧力発生室3に流れ込み、同時にノズル開口2のメニスカスが圧力発生室3側に引き込まれる。駆動信号が電圧VHに到達すると、所定時間Th1の期間だけこの電圧VHを維持し、その後に電位VLに向けて降下する。駆動信号が電位VLに向けて降下すると、電圧VHに充電されていた圧電振動子9、9、9、……の充電電荷がダイオードDを介して放電され、圧電振動子9は伸長して圧力発生室3を収縮させる。この圧力発生室3の収縮によりインクが加圧されてノズル開口2からインク滴として吐出する。その後、ノズル開口2内のメニスカスが振動を開始する。

【0030】この実施例ではメニスカスの振動が圧力発生室3側に最も引き込まれ、ノズル開口2の側に転じる時点で、駆動信号を電圧VLから中間電位VMに向けて再び上昇するように設定しているため、圧電振動子9が再び充電されて圧力発生室3が微小膨張する。この圧力発生室3の微小膨張によりノズル開口側に移動するように反転したメニスカスが圧力発生室側に引き戻されるから、メニスカスはその運動エネルギーを減じられてその振動を急速に減衰する。

【0031】上述のようにインク吐出後に発生するメニスカスの振動を抑制するためには、メニスカスの運動方向と反対方向の力を圧力発生室3のインクに与えるのが望ましいから、第3の信号(図7において③で示す信号)により圧力発生室3を微小膨張させるタイミングは、インク吐出後に生じたメニスカスの微小振動がノズル開口側に向かい始める時点(図7における時間t2)が望ましい。

【0032】ところで、圧力発生室3のインクは、圧電振動子9に第2の信号(図7において②で示す信号)が印加されて圧力発生室3が収縮された時点から周期THのヘルムホルツ周波数FHで振動を開始しているため、結局、第3の信号③を印加するタイミングは、 $Td + TH$   $2 \approx TH \times n$  (ただし、nは1以上の整数)に等しくなるように設定しておくのが望ましい。そして可及的早期、つまりメニスカスが圧力発生室3の奥側に存在する段階で振動を抑制すると、メニスカスの振動によるインクミストの発生防止と、次のインク滴吐出までの時間の短縮に役立つから、上記数値nが可及的に小さな値、例えばn=1の時点が望ましい。

【0033】他方、上記圧力発生室3の微小な膨張の相

対的な大きさ、つまり第3の信号③による充電電圧V2と、インク滴吐出のための放電電圧V1との比 $R2/1$ が0.1乃至0.5、望ましくは0.2乃至0.4が良い結果をもたらす。

【0034】すなわち、第3の信号③を印加しない場合には図8（イ）に示したようにインク滴吐出後に生じるメニスカスの自由振動が、次のインク滴を吐出するのに適した位置、つまりノズル開口近傍に復帰するまでの時間 $t_{r1}$ が極めて短いものの、メニスカスがノズル開口2から大きく突出（図中、クロスハッチングで示した領域）するため、メニスカスの運動エネルギーによるインクミストが発生しやすくなる。

【0035】これに対して第3の信号③の電圧V2を放電電圧V1と同じ大きさにすると、図8（ヘ）に示したようにメニスカスが圧力発生室側に大きく引き込まれるからインクミストの発生を防止することができるものの、次のインク滴を吐出するための位置に復帰するまでの時間 $t_{r6}$ が極めて長くなり、駆動周波数を下げざるを得なくなる。

【0036】これらの結果を踏まえて比 $R2/1$ を0.1程度に設定すると、図8（ロ）に示したように自由振動しているメニスカスを圧力発生室側に引き戻して運動エネルギーを減少させてインクミストの発生を防止しつつ、次のインク滴を吐出するための位置への復帰時間 $t_{r12}$ を短縮することができる。

【0037】そしてこの比 $R2/1$ を0.3、0.5、0.7と大きくしていくと、図8（ハ）、（ニ）、

（ホ）に示したようにメニスカスの振動を早期に減衰させることができるものの、メニスカスが圧力発生室側に大きく引き込まれるため、次のインク滴が吐出可能になるまでの時間 $t_{r3}$ 、 $t_{r4}$ 、 $t_{r5}$ が大きくなる。

【0038】これらの事情を考慮すると、駆動信号の電圧比 $R2/1$ を0.1乃至0.5、望ましくは0.2乃至0.4の範囲に設定すると、10kHz以上という高い周波数応答性を得ることができて、インクミストの発生防止と印刷速度の向上との両立を図ることができる。

【0039】前述したように、ノズル開口2のメニスカスは、圧力発生室3の膨張速度に比例した速度で、圧力発生室側に引き込まれ、最も引き込まれた位置から振動しながらノズル開口2に向かって復帰するという現象がある。図10は、この現象を示すもので、圧電振動子9を収縮させて圧力発生室3を膨張させるための駆動信号と、その時のメニスカスの引き込み量との関係を示すものである。図10において実線は、駆動信号の電圧を中間電位VM1から電圧VHに上昇させた場合を、また一点鎖線は電圧VM1より高い電圧VM2から電圧VHに上昇させた場合のメニスカスの運動を表わしている。

【0040】図10に示したように圧力発生室3の膨張開始から一定時間T1経過後のメニスカスの引き込み量は、符号m1、m2で示したように圧力発生室の膨張量

に比例しているから、一定のタイミングで圧力発生室3を収縮させると、インク滴が吐出される時点での各メニスカスは、距離D1、D2の位置となる。

【0041】すなわち、駆動信号の電圧を中間電位VM1から電圧VHに上昇させた場合は、インク滴吐出時点のメニスカスはノズル開口2から遠く離れた距離D1の位置に存在するので、インク滴を構成するインク量が少なく、記録用紙には小さなサイズのドットが印刷される。一方、駆動信号の電圧を中間電位VM2から電圧VHに上昇させた場合は、インク滴吐出時点でのメニスカスはノズル開口2に近い距離D2の位置に存在するので、インク滴のインク量が多くなり、記録用紙に大きなサイズのドットが形成されることになる。換言すれば、駆動信号の中間電位を調整することによりインク滴のインク量を変えてドットサイズを調整することが可能となる。

【0042】図9は、このような現象を積極的に利用して記録媒体に形成するドットサイズを調整するための実施例を示すものであって、駆動としては前述した図2乃至図4と同等の機能を備えるものを使用し、ただタイミング回路36を構成しているワンショットマルチバイブレータM3は、これから出力させる信号のパルス幅をホスト装置から調整可能とするために外部信号により時定数を可変設定する調整機能を備えている。

【0043】この実施例において、タイミング信号が入力すると、圧力発生室3の膨張を開始させ、膨張開始時点から時間T1が経過した時点で圧力発生室3を収縮させてインク滴を吐出させるまでの動作は前述した通りである。インク滴の吐出に伴って発生するメニスカスの振動がノズル開口側に転じる時点で、ワンショットマルチバイブレータM3が作動して駆動信号の電圧を電圧VLから所定の中間電位まで上昇させて圧力発生室3を微小膨張させる。

【0044】このとき、次の印刷周期で印刷するドットのサイズを決定すべく、ワンショットマルチバイブレータM3のパルス幅を調整する。中間電位VMの電圧は、ワンショットマルチバイブレータM3の信号のパルス幅に比例するから、ホストからの信号によりワンショットマルチバイブレータM3のパルス幅を制御すると、次のインク滴吐出の際の中間電位、つまり圧電振動子9の充電開始電圧を電圧VM1、VM2というように調整して、記録媒体上のドットのサイズを自由に変更できる。

【0045】図11は、上述した中間電位VMを種々に変化させた場合におけるインク滴のインク重量、及び速度を調査した結果を、中間電位VMとインク滴を吐出させる際の放電電圧V1との比 $R2/1$ を、0.18から0.33まで変化させたときの結果を示すもので、インク滴の速度は、7.5乃至8.0m/sと1.06倍程度の極めて小さい範囲でしか変化せず、中間電位VMには関わりなくほぼ一定値を取るのに対して、インク量は、0.046から0.056 $\mu$ gまで1.2倍も大きく変

化する。

【0046】このことから、ワンショットマルチバイブレータM3のパルス幅PW3を変化させて比R2/1を調整すると、インク滴の着弾位置に変動や、またインクミストの発生を来すことなく、記録用紙上のドットのサイズを任意に調整できることが裏付けられた。

【0047】次に、前述のタイミング発生回路36を、記録ヘッドの仕様や、環境温度の変化に拘らず印字品質を一定に保つように積極的に使用した第3の実施例について説明する。前述したようにインク滴が吐出すると、図7に示したようにノズル開口2内のメニスカスが振動を開始するが、この振動周波数は、ヘルムホルツ共振の周波数FHに支配され、またヘルムホルツ共振の周波数FHは個々の記録ヘッドの製造公差やインクの物性に依存する。

【0048】このため、ロット等が変わると、同じ仕様の記録ヘッドであってもヘルムホルツ共振周波数が変動するという問題ある。このような問題に対処するためには、各記録装置に組み込まれる制御装置のタイミング調整手段、この実施例でいえばワンショットマルチバイブレータM2のパルス幅PW2を各記録ヘッドのヘルムホルツ共振周波数FHに合わせ込んでおけばよい。

【0049】すなわち、ヘルムホルツ共振周波数が変動すると、図12(イ)、(ロ)、(ハ)に示すように放電開始時点t1からメニスカスがノズル開口に復帰するまでの時間T21、T22、T23が微妙に異なるが、各記録ヘッドでのメニスカスの振動が最適な位置に到達した時点でワンショットマルチバイブレータM2が反転するようにその時間を微調整すれば、次の段階では圧力発生室3が微小膨張するから、圧力発生室3内のインクの運動エネルギーを適確に減じさせてインクミストの発生が防止される。

【0050】換言すれば、第3の信号を印加する時点、ワンショットマルチバイブレータM2のパルス幅PW2により個々の記録ヘッド毎に合わせ込むように調整するだけで、常に最適なタイミングで圧力発生室が微小膨張させることができ、たとえ記録ヘッド間でのヘルムホルツ共振周波数FHにバラつきがあるとしても、印字品質の低下を招くことなく記録ヘッドを同一の駆動周波数で駆動することができる。

【0051】一方、環境温度によって記録ヘッドの物理的サイズや、弾性率、さらにはインクの物性が変化するため、ヘルムホルツ共振の周波数FHも環境の温度に大きく影響を受ける。

【0052】製造された多数の記録ヘッドから複数の記録ヘッドをサンプルとして抽出し、各記録ヘッドのヘルムホルツ共振の周期THの温度依存性を調査したところ、図13に示したように記録ヘッド毎にその値(図中\*印、△印、○印、□印、及び×印で示す)が温度により変化した。ところが、ヘルムホルツ共振の周波数FH

の変化率には記録ヘッド毎に個体差がなく、温度に対してほぼ同様の傾向で変化するが判明した。

【0053】したがって、図14に示したようにインク滴吐出のために放電が開始された時点から第3の信号(図7の信号③)を印加する時点までの時間T2を環境温度に対応して調整することにより、ノズル開口に向かうメニスカスの運動エネルギーを効果的に減衰できる時点を見計らって圧力発生室3を再び膨張させることができ、したがって環境温度に関わりなくインクミストの発生を確実に防止することが可能となる。

【0054】図15は、第3の信号の印加時期を環境温度に応じて調整するための一実施例を示すもので、タイミング制御回路35の第2のワンショットマルチバイブレータM2に温度検出手段38からの信号を入力させて、ワンショットマルチバイブレータM2から出力するパルスの幅PW2を制御するように構成したものである。

【0055】この実施例によれば、温度検出手段38からの信号により環境温度に対応して圧力発生室3の微小膨張の開始時期が調整できるため、環境温度の変化に関わりなく、メニスカスの運動エネルギーを確実に減衰させてインク滴を安定に吐出させることができる。

【0056】なお、印字信号がなく、非導通状態のスイッチングトランジスタ30に接続された圧電振動子9は、駆動信号が電圧VHから電圧VLに降下する際に、駆動信号の電圧がVM以下にまで低下してしまうと放電を開始する。これにより、圧力発生室3が微小収縮する。一方、同時にインバータ37で信号レベルを反転されたワンショットマルチバイブレータM3からの出力が、オアゲート28を介して全スイッチングトランジスタ30を導通させる。これらのことにより、印刷にかかわらない圧電振動子9は、インク滴の吐出を伴わない程度に圧力発生室3を微小膨張、微小収縮させることになるから、ノズル開口近傍に形成されているメニスカスが微小振動する。この微小振動は、ノズル開口近傍のインクと圧力発生室のインクとの攪拌を促してノズル開口2のインクの増粘を可及的に防止しインクの目詰まりに至るまでの時間を延長するのに寄与する。

【0057】図16は、前述の駆動信号発生回路26の他の実施例を示すものであって、図中符号40は定電流回路で、トランジスタQ111、Q112、Q113、抵抗R111、R112、R113、R114、R115、R116、R117で構成されており、入力端子IN101に入力されるハイレベルの信号により動作し、抵抗R111の抵抗値r111とトランジスタQ111のベース-エミッタ間電圧VBE111により定まる電流I1、つまり

$$I1 = VBE111 / r111$$

を出力してコンデンサC101を充電する。

【0058】コンデンサC101は、電流I1により充電されてその端子電圧が充電電流I1とコンデンサC101の静

10

20

30

40

50

電容量 $c_{101}$ とにより定まる、

$$dV/dt = I1/c_{101}$$

なる電圧勾配で上昇する。

【0059】41は、第2の定電流回路で、トランジスタ $Q_{121}$ 、 $Q_{122}$ 、 $Q_{123}$ 、抵抗 $R_{121}$ 、 $R_{122}$ 、 $R_{123}$ 、 $R_{124}$ 、 $R_{125}$ 、 $R_{126}$ 、 $R_{127}$ により構成されていて、第1の定電流回路40と同様に入力端子 $IN_{102}$ への信号の入力により一定の充電電流をコンデンサ $C_{101}$ に供給する。

【0060】42は、第3の定電流回路で、トランジスタ $Q_{131}$ 、 $Q_{132}$ 、抵抗 $R_{131}$ 、 $R_{132}$ 、 $R_{133}$ 、 $R_{134}$ 、 $R_{135}$ により、入力端子 $IN_{103}$ に入力したハイレベルの信号により動作するシンク型の定電流回路として構成され、抵抗 $R_{131}$ の抵抗値 $r_{131}$ とトランジスタ $Q_{131}$ のベース-エミッタ間電圧 $V_{BE131}$ により定まる電流 $I_3$ 、つまり

$$I_3 = V_{BE131}/r_{131}$$

でもって $R_{131}$ を介してコンデンサ $C_{101}$ の充電電荷を放電させるものである。

【0061】この第3の定電流回路42により、コンデンサ $C_{101}$ の端子電圧は、電流 $I_3$ とコンデンサ $C_{101}$ の静電容量 $c_{101}$ とにより定まる、

$$dV/dt = I_3/c_{101}$$

の電圧勾配で降下する。

【0062】43は第4の定電流回路で、トランジスタ $Q_{141}$ 、 $Q_{142}$ 、抵抗 $R_{141}$ 、 $R_{142}$ 、 $R_{143}$ 、 $R_{144}$ 、 $R_{145}$ により、第3の定電流回路42と同様にシンク型の定電流回路として構成されている。これら各定電流回路40～43からの電流により充電されるコンデンサ $C_{101}$ の端子電圧は、トランジスタ $Q_{101}$ 、 $Q_{102}$ 、 $Q_{103}$ 、 $Q_{104}$ で構成される電流バッファ44を介して端子 $OUT_{101}$ に駆動信号として出力されて圧電振動子9に供給される。

【0063】このように構成された回路の動作を図17に基づいて説明する。印刷準備期間中に所定時間 $t_1$ の $HI$ レベルの信号が入力端子 $IN_{101}$ に入力すると、第1の定電流回路40から電流 $I_1$ が出力してコンデンサ $C_{102}$ が充電されて出力端子 $OUT_{101}$ の電圧を中間電位 $VM$ に時間とともに上昇させて第1の信号を発生させる。時間 $t_1$ が経過すると、入力端子 $IN_{101}$ の信号を $LOW$ レベルとなり、コンデンサ $C_{102}$ の充電が停止して、以後出力電圧を中間電位 $VM$ に維持する。

【0064】この状態で印刷期間に入るとコンデンサ $C_{101}$ の端子電圧が中間電位 $VM$ から電源電圧 $VH$ まで立ち上がるに必要な時間以上の時間 $t_2$ 、入力端子 $IN_{102}$ に $HI$ レベルの信号を印加して、駆動信号の電圧を中間電位 $VM$ から電源電圧 $VH$ 付近まで時間と共に立ち上げ、以後このほぼこの電圧 $VH$ を維持する。これにより、圧力発生室3が中間電位 $VM$ と電源電圧 $VH$ との電位差に相当する分、膨張する。

【0065】そして、インク吐出のタイミングに合わせて、コンデンサ $C_{101}$ の端子電圧をほぼゼロボルトまで低下させるに必要な時間以上の時間 $t_3$ の $HI$ レベルの信号を入力端子 $IN_{103}$ に入力し、駆動信号をゼロボルト程度に低下させて第2の信号を発生させる。

【0066】その後、インク滴吐出後に生じるメニスカスの運動を静停させることができるタイミングを狙って時間 $t_1$ の $HI$ レベル信号を入力端子 $IN_{101}$ に入力して駆動信号の電圧を中間電位 $VM$ まで上昇させて第3の信号を発生させる。この信号により圧力発生室3が微小膨張して、メニスカスを圧力発生室側に引き戻す。以後、印刷期間中、上述の第1、第2、及び第3の信号を1印刷信号毎に出力させる。

【0067】1行の印刷が終了すると、コンデンサ $C_{101}$ の端子電圧をゼロボルトまで立ち下げるに必要な時間以上の時間 $t_4$ だけ $HI$ レベルの信号を入力端子 $IN_{104}$ に印加し、駆動電圧波形をゼロボルト付近まで低下させる。なお、この電圧の低下により圧力発生室3が微小収縮するので、第4の定電流回路43は、その時定数がインクが吐出しない程度の大きな値に設定されていて、なだらかに電圧が低下するように構成されている。

【0068】図18は、上述した駆動信号発生回路を使用して印刷動作を実行する場合の動作を示すもので、上述したように印刷準備期間においては、駆動電圧がゼロボルトから中間電位 $VM$ まで立ち上がる期間、全出力オン信号を $HI$ レベルにして、全ての双方向スイッチングトランジスタ $30'$ （図19）を導通状態として印刷データに関係なく、全ての圧電振動子9にこの中間電位 $VM$ を供給して全ての圧電振動子9を中間電位 $VM$ まで充電する。

【0069】次に、通常の印刷期間では、全出力オン信号が $LOW$ レベルの時、印刷データ1乃至印刷データ $n$ により選択的に導通されている双方向スイッチングトランジスタ $30'$ を介して特定の圧電振動子9に駆動信号を印加して充電を行い、また選択されていない圧電振動子9には充電を行わず、ただ中間電位 $VM$ を維持させる。

【0070】また、1印刷周期の開始時と終了時とで駆動電圧波形が中間電位 $VM$ に保持される期間のうち、少なくとも1回は全出力オン信号を $HI$ レベルにする。これにより、1印刷周期中に印刷データが全くなく、長時間非駆動状態が継続して放電により中間電位 $VM$ が低下した圧電振動子を再充電して中間電位を正規の電圧 $VM$ に上昇させてリフレッシュを図ることができる。

【0071】さらに、印刷終了処理期間においては、駆動電圧波形が中間電位 $VM$ からゼロボルト付近に低下した段階で、全出力オン信号を $HI$ レベルにする。これにより、全ての圧電振動子3の残留電荷が確実に放電することになり、圧電振動子9の端子電圧をゼロボルトとして、ノイズ等による圧電振動子の意図しない膨張、収縮



に起因する微小インク滴の発生を阻止する。

【0072】図16に示した実施例は、中間電位VMから電圧VHに上昇する第1の信号と、電圧VHから略零ボルトまで降下する第2の信号と、略零ボルトから中間電位VMに上昇する第3の信号の電圧上昇、及び電圧降下の際の電圧勾配を独立に設定することができるため、記録ヘッドの特性に適合した駆動信号をより一層適切に設定することができる。なお、図16に示した実施例では、入力端子IN101～IN104に印加する信号を出力する信号生成回路を特に明示していないが、例えば図4に示したようにワンショットマルチバイブレータを縦属接続したタイミング調整回路により構成できることは明らかである。

【0073】なお、上述の実施例においては、圧電振動子を充電することにより圧力発生室を膨張させ、また圧電振動子の電荷を放電させることにより圧力発生室を収縮させてインク滴を吐出する形式のインクジェットヘッドに適用した場合について説明したが、図20に示したように振動方向に圧電材料51と電極材料52、53とを交互に積層した、いわゆるd33効果により充電時に伸長し、また放電時に収縮する圧電振動子54を用いた記録ヘッドに適用しても同様の作用を奏することは明らかである。

【0074】すなわち、上述した駆動信号発生回路のそれぞれの入力端子IN101、IN102、IN103、IN104に図21に示したようなタイミングで信号を入力すればよい。

【0075】また、上述の実施例においては、圧電振動子を駆動するスイッチ30に制御データをシリアル転送する場合に例を採って説明したが、記録ヘッドを構成している圧電振動子の数が少ない場合には、シフトレジスタ等のシリアルーパラレル変換手段を省いて図22に示したように、スイッチ30の制御ゲートに信号を出力するオアゲート46に印刷データや全オン信号を直接を入力して、駆動信号を圧電振動子9に出力するようにしても同様の作用を奏することは明らかである。

【0076】また、上述の実施例においては各信号の出力時点をワンショットマルチバイブレータにより制御しているが、マイクロコンピュータ等他のタイミング制御手段を使用できることは明らかである。

【0077】

【発明の効果】以上、説明したように本発明においては、圧力発生室を拡大させる第1の信号と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第2の信号と、インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で第1の信号による拡大容積よりも小さい容積で圧力発生室を拡大させる第3の信号を出力する駆動信号発生手段とを備えたので、インク滴の吐出にノズル開口に向かうとしているメニスカスを圧力発生室の膨張で引き込んで効果

的に減衰させることができ、メニスカスの運動エネルギーに起因するインクミストの発生を防止するとともに、次のインク滴吐出のためにメニスカスを一定位置に留めて飛翔の安定を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェット記録装置に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示す断面図である。

【図2】本発明のインクジェット式記録装置の一実施例を示すブロック図である。

【図3】同上装置における制御信号発生回路の一実施例を示すブロック図である。

【図4】同上装置における駆動信号発生回路の一実施例を示す回路図である。

【図5】図(I)乃至(VIII)はそれぞれ同上装置の動作を示す波形図である。

【図6】駆動信号を規定する各パラメータを示す図である。

【図7】メニスカスの挙動を駆動信号との関係で示す図である。

【図8】(イ)乃至(ヘ)は、それぞれ全駆動電圧に対する第2駆動信号の比を変えた場合におけるメニスカスの挙動を示すもので、図(イ)は、0の場合を、図(ロ)は0.1の場合を、図(ハ)は0.3の場合を、図(ニ)は0.5の場合を、図(ホ)は0.7の場合を、及び図(ヘ)は1の場合を示す波形図である。

【図9】図(I)乃至(VI)はそれぞれ本発明の他の実施例を示す波形図である。

【図10】圧力発生室の膨張開始からインク滴吐出までメニスカスの挙動を駆動信号との関係で示す図である。

【図11】放電電圧と微小充電電圧との比に対する、インク滴の速度、及びインク量の関係を示す図である。

【図12】図(イ)乃至(ハ)は、それぞれヘルムホルツ共振周波数とインク滴吐出後のメニスカスの戻り時間を示す図である。

【図13】環境温度とヘルムホルツ共振の周期との関係を示す線図である。

【図14】環境温度と第3の信号を印加する時期との関係を示す線図である。

【図15】本発明の他の実施例を示すブロック図である。

【図16】駆動信号発生回路の一実施例を示す回路図である。

【図17】同上回路の動作を示す波形図である。

【図18】1印刷工程中における同上回路の動作を示す波形図である。

【図19】図16に示した駆動信号発生回路で駆動するに適したインクジェット式記録装置の一実施例を示すブロック図である。

【図20】本発明の駆動技術が適用可能なインクジェッ

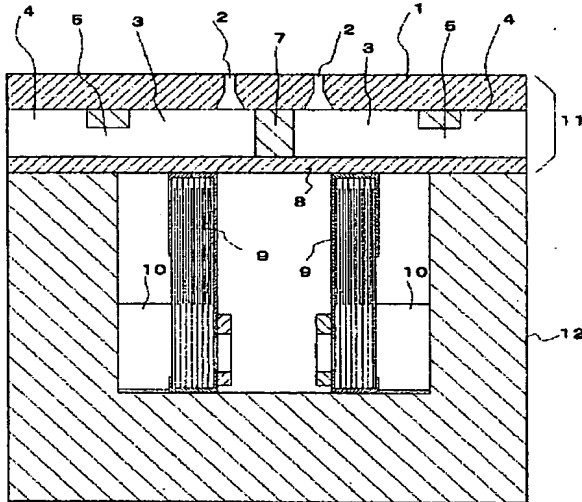
17

ト式記録ヘッドの他の実施例を示す図である。

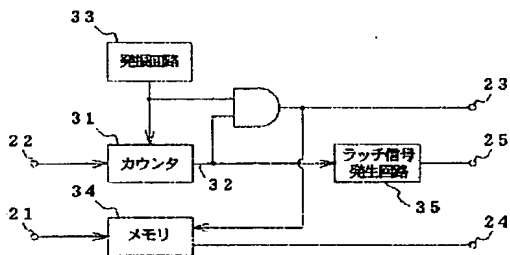
【図 21】図 16 に示した駆動信号発生回路を同上記録ヘッドを駆動するために使用する際の制御方法を示す波形図である。

【図 22】印刷データの印加方式の他の実施例を示すブロック図である。

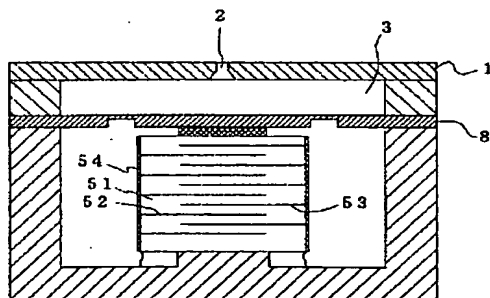
【図 1】



【図 3】



【図 20】

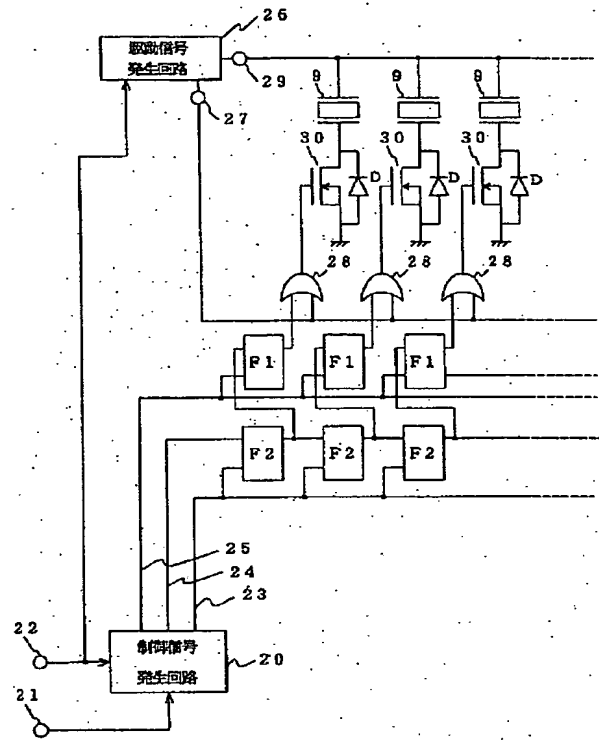


18

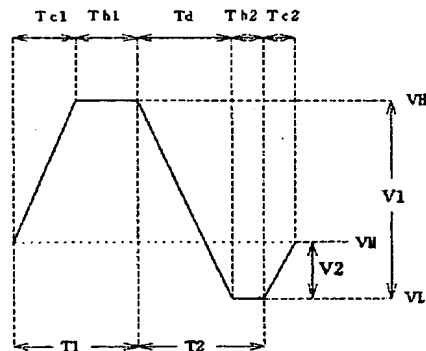
【符号の説明】

- 1 ノズルプレート
- 2 ノズル開口
- 3 圧力発生室
- 8 弾性板
- 9 圧電振動子

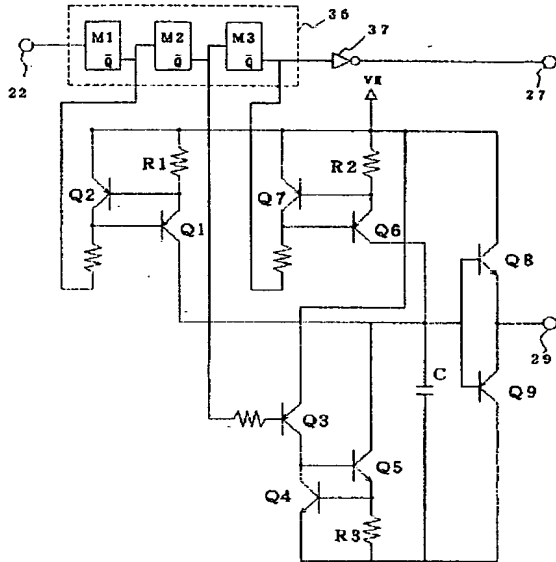
【図 2】



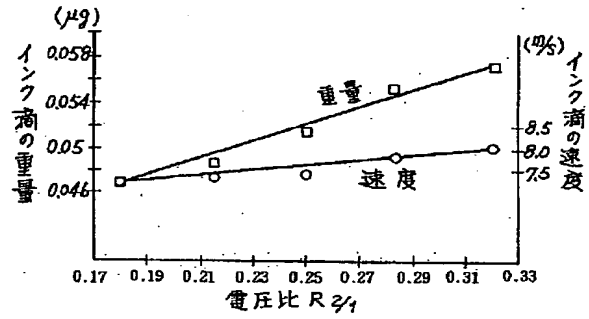
【図 6】



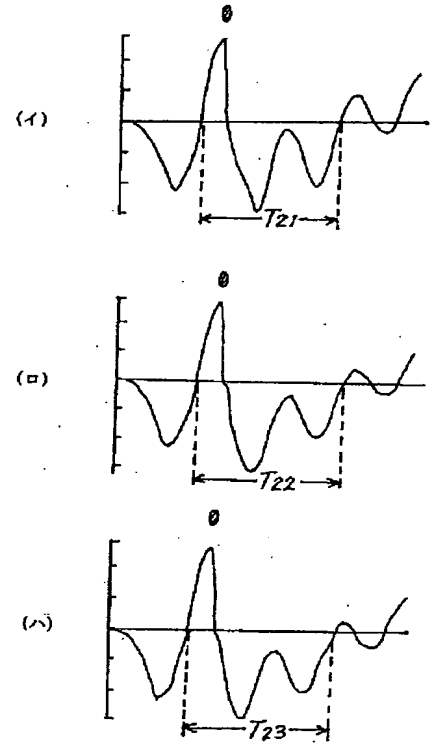
【図4】



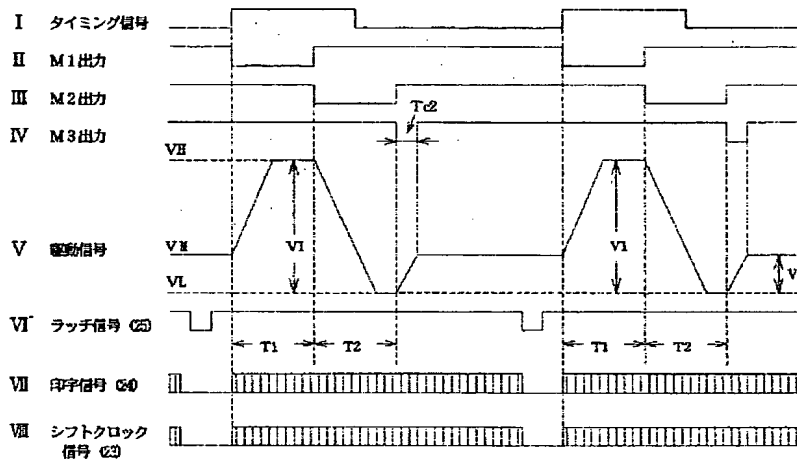
【図11】



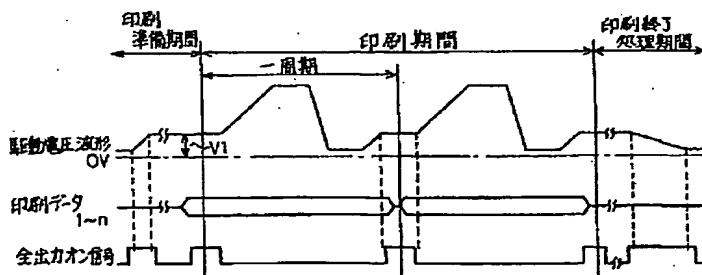
【図12】



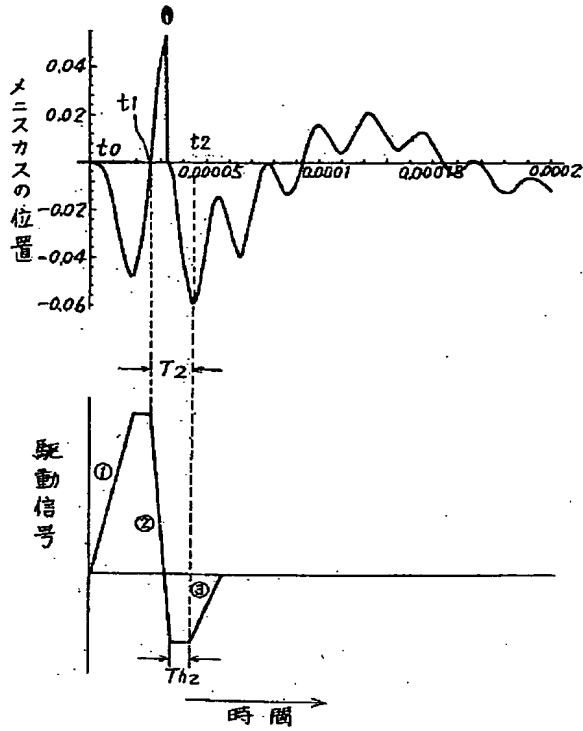
【図5】



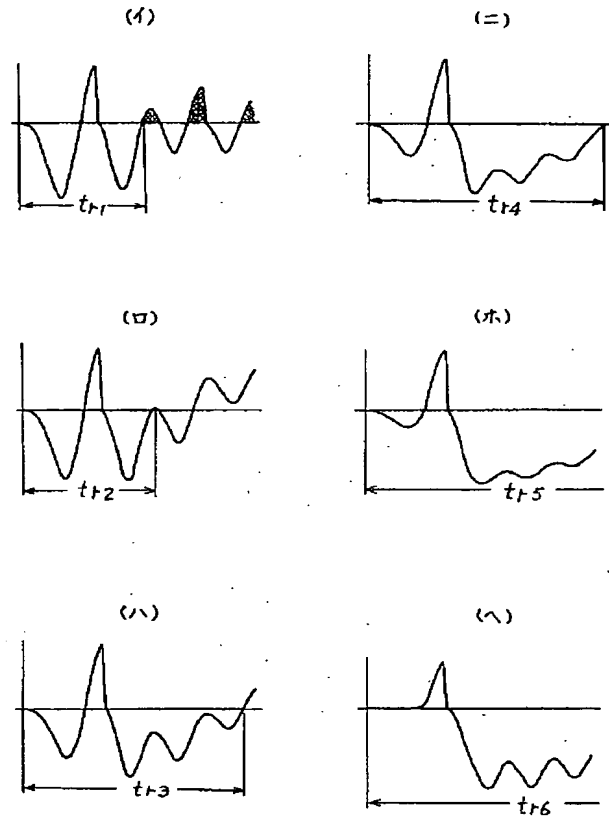
【図18】



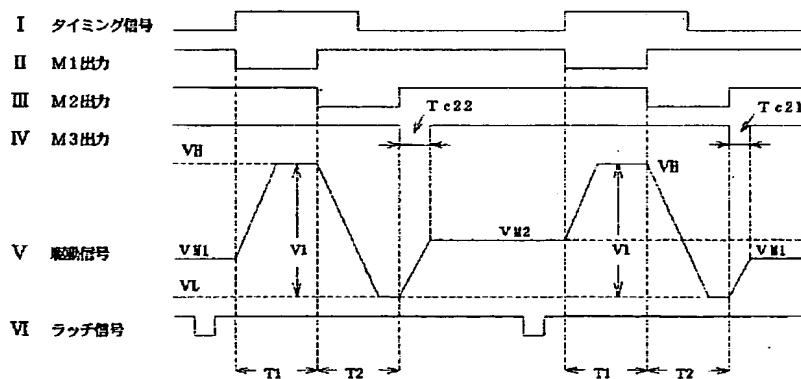
【図7】



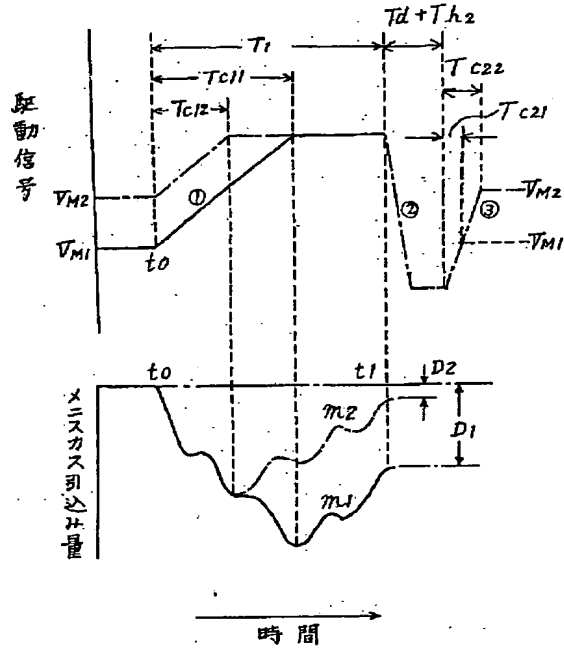
【図8】



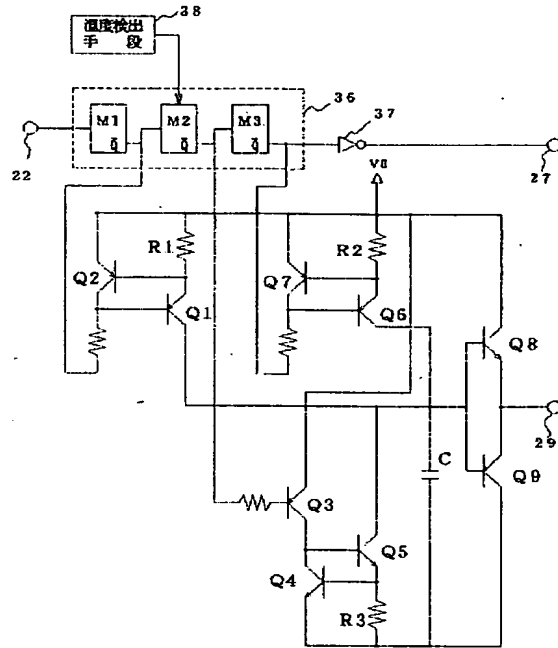
【図9】



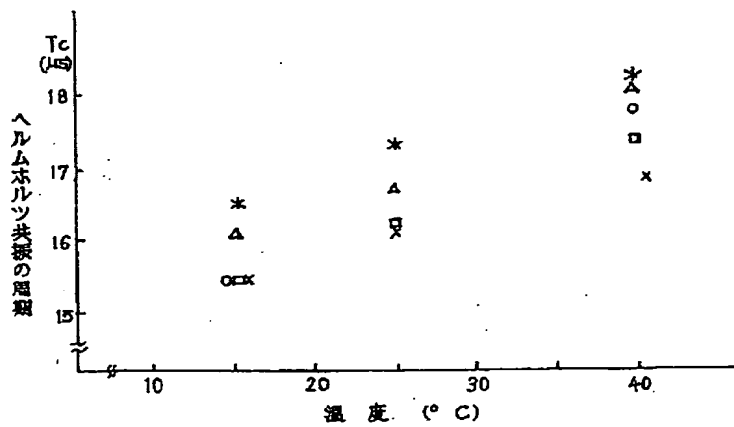
【図10】



【図15】



【図13】



【図22】

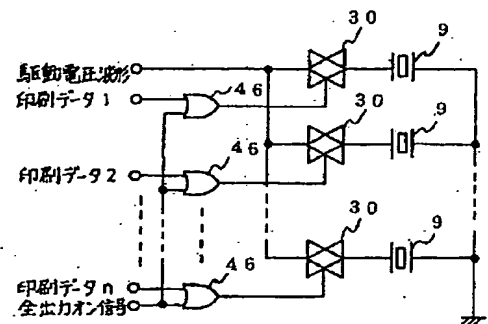
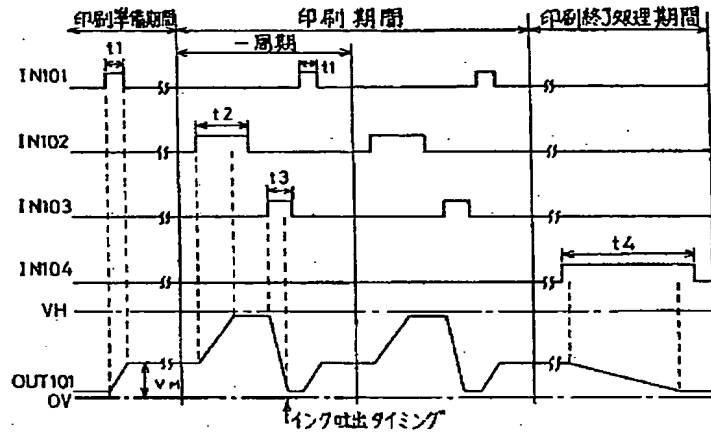


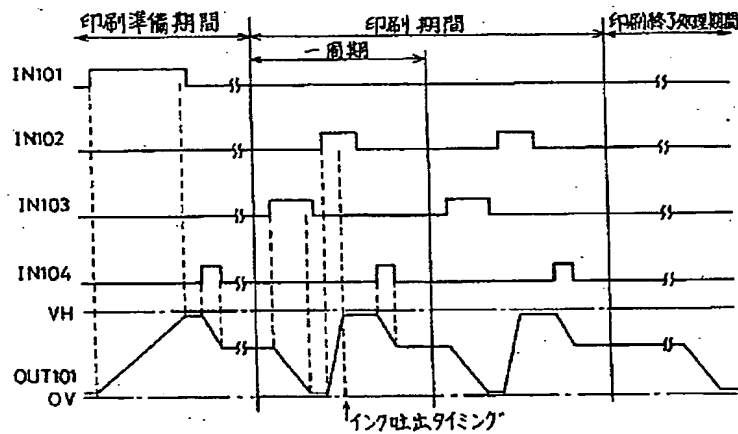
Figure 1 is a scatter plot showing the relationship between temperature (°C) and the number of signal additions (ns) for the third signal addition type. The x-axis represents temperature from 0 to 40°C, and the y-axis represents the number of signal additions from 15 to 18 ns. Data points are plotted for three different conditions: solid circles (●), open triangles (△), and open squares (□). The data shows a general upward trend, with the number of signal additions increasing as temperature increases.

温度 (°C)	● (ns)	△ (ns)	□ (ns)
15	16.7	15.9	15.9
25	17.0	16.7	16.0
40	18.2	18.0	17.3

【図 17】



【図 21】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願平7-166970  
 (32)優先日 平7(1995)6月8日  
 (33)優先権主張国 日本(JP)  
 (31)優先権主張番号 特願平7-166971  
 (32)優先日 平7(1995)6月8日  
 (33)優先権主張国 日本(JP)

(72)発明者 吉田 昌彦  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72)発明者 鈴木 一永  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72)発明者 岡沢 宣昭  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

## BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-052360

(43)Date of publication of application : 25.02.1997

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/01

(21)Application number : 08-110384

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 05.04.1996

(72)Inventor : KITAHARA TSUYOSHI

MORIKOSHI KOUJI

MOMOSE KAORU

YOSHIDA MASAHIKO

SUZUKI KAZUNAGA

OKAZAWA NOBUAKI

(30)Priority

Priority number : 07 97239

Priority date : 21.04.1995

Priority country : JP

07 97240

21.04.1995

07166969

08.06.1995

JP

07166970

08.06.1995

JP

07166971

08.06.1995

JP

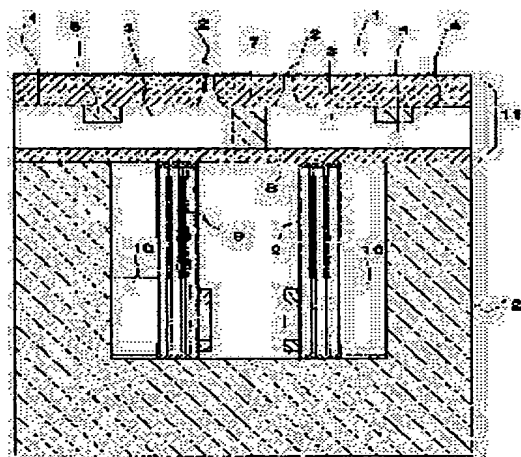
JP

## (54) INK JET RECORDING APPARATUS

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent ink mist or curve in shooting of ink drops by a method wherein a pressure producing chamber is expanded on a first signal and ink drops are ejected with the pressure producing chamber contracted on a second signal, and the pressure producing chamber is expanded on a third signal into a capacity smaller than the first expansion when oscillation of meniscus proceeds toward the nozzle opening side after ejection of the ink drops.

**SOLUTION:** A pressure producing chamber 3 is expanded with a piezoelectric oscillator 9 charged with electricity, and ink in an ink chamber 4 is sent to the pressure producing chamber 3 through an ink supply port 5 and at the same time, meniscus at a nozzle opening 2 is drawn toward the pressure producing chamber 3 side. Then, a voltage  $V_H$  is maintained for a specified period of time and lowered to an electric potential  $V_L$ . The piezoelectric oscillator 9 is discharged of electricity and thereby the pressure producing chamber 3 is contracted





and ink drops are ejected through the nozzle opening 2. After that, oscillation of meniscus inside the nozzle opening 2 is drawn toward the pressure producing chamber 3 to the utmost, and when it turns to the nozzle opening 2 side, the driving signal is raised again to a middle electric potential VM. Therefore, ink mist can be prevented and time required for post-return for the next ink drop ejection can be shortened.

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 03.04.2000  
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.11.2002  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-24093  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 13.12.2002  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

## [Claim(s)]

[Claim 1] An ink jet type recording device characterized by providing the following A pressure generating room which was open for free passage in a common ink room through a nozzle orifice and an ink feed hopper, and was equipped with RUMUHORUTSU resonance frequency to that of a period TH An ink jet type recording head which consists of a piezoelectric transducer which it expands [ piezoelectric transducer ] and shrinks this pressure generating room The 1st signal to which said pressure generating room is made to expand A drive signal generation means to output the 3rd signal to which said pressure generating room is made to expand to capacity smaller than expansion capacity by the 1st signal when vibration of the 2nd signal which shrinks said pressure generating room in an expansion condition, and makes an ink drop breathe out from said nozzle orifice, and a meniscus produced after said ink drop regurgitation goes to a nozzle orifice side

[Claim 2] Said 3rd signal is an ink jet type recording device according to claim 1 with which the amplitude is set up 0.1 of amplitude of said 2nd signal thru/or 0.5 times.

[Claim 3] Said 3rd signal is an ink jet type recording device according to claim 1 with which the amplitude is set up 0.2 of amplitude of said 2nd signal thru/or 0.4 times.

[Claim 4] Said 3rd signal is an ink jet type recording device according to claim 1 with which the duration is set up smaller than a period TH.

[Claim 5] Said 3rd signal is an ink jet type recording device according to claim 1 with which the duration is set as the same value as substantially as said 2nd signal.

[Claim 6] An ink jet type recording device according to claim 1 characterized by for elapsed time after said 2nd signal is outputted until said 3rd signal is outputted passing, and being substantially set as the same value with a period TH of RUMUHORUTSU resonance frequency.

[Claim 7] An ink jet type recording device according to claim 1 characterized by for said 1st signal passing and being substantially set as the same value with a period TH of RUMUHORUTSU resonance frequency.

[ — claim time — 8] An ink jet type recording device according to claim 1 characterized by setting duration of said 2nd signal as the same value substantially with a proper oscillation period of said piezoelectric transducer.

[Claim 9] An ink jet type recording device according to claim 1 characterized by setting duration of said 3rd signal as the same value substantially with a proper oscillation period of said piezoelectric transducer.

[Claim 10] An ink jet type recording device characterized by providing the following A pressure generating room which was open for free passage in a common ink room through a nozzle orifice and an ink feed hopper, and was equipped with helmholtz resonance frequency of a period TH An ink jet type recording head which consists of a piezoelectric transducer which it expands [ piezoelectric transducer ] and shrinks this pressure generating room The 1st signal which expands said pressure generating room by time amount which is mostly in agreement with said period TH The 2nd signal which shrinks said pressure generating room which is in an expansion condition after fixed time amount progress from impression initiation of said 1st signal, and makes an ink drop breathe out from said nozzle orifice; A drive signal generation means to

output the 3rd signal which expands said pressure generating room to capacity smaller than expansion capacity by said 1st signal after said ink drop regurgitation, and a means to adjust a gain of the 1st signal and the 3rd signal

[Claim 11] Said gain is an ink jet type recording device according to claim 10 adjusted by duration of said 3rd signal.

[Claim 12] The 3rd signal is an ink jet type recording device according to claim 10 with which the duration is set as the same value as substantially as the 2nd signal.

[Claim 13] An ink jet type recording device characterized by providing the following A pressure generating room which was open for free passage in a common ink room through a nozzle orifice and an ink feed hopper, and was equipped with helmholtz resonance frequency FH An ink jet type recording head which consists of a piezoelectric transducer which it expands [ piezoelectric transducer ] and shrinks this pressure generating room The 1st signal to which said pressure generating room is made to expand The 2nd signal which shrinks said pressure generating room in an expansion condition, and makes an ink drop breathe out from said nozzle orifice, A drive signal generation means to output the 3rd signal to which said pressure generating room is made to expand to capacity smaller than expansion capacity by said 1st signal when vibration of a meniscus produced after said ink drop regurgitation goes to a nozzle orifice side, A means to adjust time amount until it impresses said 3rd signal from a termination time of said 2nd signal

[Claim 14] said 3rd signal — the amplitude — a 0.1 \*\* room of amplitude of said 2nd signal — an ink jet type recording device according to claim 13 set up 0.5 times.

[Claim 15] Said 3rd signal is an ink jet type recording device according to claim 13 with which duration is set up smaller than a period TH.

[Claim 16] Said 3rd signal is an ink jet type recording device according to claim 13 with which the duration is set as the same value as substantially as said 2nd signal.

[Claim 17] An ink jet type recording device according to claim 13 characterized by setting substantially elapsed time after said 2nd signal is outputted until said 3rd signal is outputted as the same value with a period TH.

[Claim 18] An ink jet type recording device according to claim 13 characterized by setting said 1st signal as the same value substantially with a period TH.

[Claim 19] An ink jet type recording device according to claim 13 characterized by setting duration of said 2nd signal as the same value substantially with a proper oscillation period of a piezoelectric transducer.

[Claim 20] An ink jet type recording device according to claim 13 characterized by setting duration of said 3rd signal as the same value substantially with a proper oscillation period of a piezoelectric transducer.

[Claim 21] An ink jet type recording device [ equipped with a means to control a time of said 3rd signal outputting according to environmental temperature ] according to claim 13.

[Claim 22] An ink jet type recording device [ equipped with a means to control a time of outputting said 3rd signal so that it may be in agreement, when vibration of a meniscus produced after ink drop regurgitation moves to said pressure generating room side most according to environmental temperature ] according to claim 13.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[The field of the technology in which invention belongs] This invention relates to the drive technology of the ink jet recording head which used the piezoelectric transducer in longitudinal-oscillation mode for the actuator.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] A part is constituted by the elastic plate, with a piezoelectric transducer, it expands, the pressure generating room which is open for free passage to a nozzle orifice is shrunk, the laminating of the conductive layer is carried out to piezoelectric material by turns as an actuator for a high-speed drive of the ink jet type recording head which performs suction of ink and formation of an ink drop, and the piezoelectric transducer in the longitudinal-oscillation mode which the shaft orientations elongate is used. The piezoelectric transducer which has such longitudinal-oscillation mode has a contact area smaller than the piezoelectric transducer which bends, and becomes precocious and vibrates a field with a pressure generating room, and moreover, since the high-speed drive is possible, it is equipped with the feature that the high-speed printing in high resolution is possible.

#### [0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the piezoelectric transducer in such longitudinal-oscillation mode Although a high-speed drive is possible, since the attenuation factor of residual vibration is small, big residual vibration remains also after the ink drop regurgitation, and the action of a meniscus is affected. There is a problem of originating in this, and the location of the meniscus at the time of the ink drop regurgitation of a degree changing the flight direction of an ink drop as a rose and a result, and ink Myst arising by the big over shoot by the side of the nozzle orifice of a meniscus, and causing deterioration of a quality of printed character. The place which this invention is made in view of such a problem, and is made into the purpose is offering the ink jet type recording device in which a high-speed drive is possible, without causing the flight deflection of generating of ink Myst, or an ink drop. Moreover, the 2nd purpose of this invention is offering the ink jet type recording device which can change dot size, without causing deterioration of a quality of printed character. Furthermore, are concerned, there is no 3rd purpose of this invention in the specification of a recording head, and environmental temperature, and it is offering the ink jet type recording device which can be printed by fixed drive frequency, without causing the flight deflection of generating of ink Myst, or an ink drop.

#### [0004]

[Means for Solving the Problem] In order to solve such a problem, it sets to this invention. A pressure generating room which was open for free passage in a common ink room through a nozzle orifice and an ink feed hopper, and was equipped with RUMUHORUTSU resonance frequency to that of a period TH, An ink jet type recording head which consists of a piezoelectric transducer which it expands [ piezoelectric transducer ] and shrinks this pressure generating room, The 1st signal to which said pressure generating room is made to expand, and the 2nd signal which shrinks said pressure generating room in an expansion condition, and makes

an ink drop breathe out from said nozzle orifice, When vibration of a meniscus produced after said ink drop regurgitation went to a nozzle orifice side, it had a drive signal generation means to output the 3rd signal to which said pressure generating room is made to expand to capacity smaller than expansion capacity by the 1st signal.

[0005]

[Function] A meniscus is detained inside a nozzle orifice so that minute expansion of the pressure generating room is carried out with the 3rd signal, it may attenuate vibration of a meniscus effectively and it may serve as the optimal location for the ink drop regurgitation of a degree, when vibration of the meniscus generated by the regurgitation of an ink drop goes to a nozzle orifice side.

[0006]

[Embodiment of the Invention] Then, based on the example illustrating the details of this invention, it explains below. Drawing 1 shows one example of the ink jet type recording head used for this invention, the nozzle plate in which the nozzle orifice 2 was drilled, and 7 are elastic plates, as for a passage configuration board and 8, close both sides of the passage configuration board 7 with a nozzle plate 1 and an elastic plate 8, and, as for the sign 1 in drawing, the ink passage unit 11 is constituted.

[0007] This ink passage unit 11 has the pressure generating room 3, the common ink room 4, and the ink feed hopper 5 that connects these, and serves to breathe out an ink drop and to attract ink in response to expanding of the piezoelectric transducer 9 mentioned later, and contraction.

[0008] When 9 is a piezoelectric transducer, and carry out the laminating of piezoelectric material and the electrical conducting material by turns in parallel with the expanding direction, it is constituted, and it contracts in the direction of a laminating of a conductive layer, and the right-angled direction in the state of charge and it moves from a charge condition to a discharge condition, it is the so-called vibrator in the longitudinal-oscillation mode elongated in a conductive layer and the right-angled direction, and the other end is being fixed to the pedestal 10 in the condition made the tip contact the elastic plate 8 which forms the pressure generating room 3.

[0009] By the way, when the ink jet type recording head constituted in this way sets [ the solid-state compliance of the material of an elastic plate 8 and nozzle plate 1 grade itself which forms  $C_i$  and the pressure generating room 3 for the fluid compliance resulting from the compressibility of the ink of the pressure generating room 3 ] the inertance of  $M_n$  and the ink feed hopper 5 to  $M_s$  for the inertance of  $C_v$  and a nozzle orifice 2, the helmholtz frequency  $F_H$  of the pressure generating room 3 is  $F_H = 1/2\pi \sqrt{(M_n + M_s)/(C_i + C_v) (M_n \times M_s)}$ .

It can be alike and can express more.

[0010] In addition, the fluid compliance  $C_i$  can express [ volume ] the density of  $V$  and ink for the acoustic velocity in the inside of  $\rho$  and ink by  $C_i = V/\rho c^2$ , if volume of the pressure generating room 3 is set to  $c$ .

[0011] Furthermore, the solid-state compliance  $C_v$  of the pressure generating room 3 is in agreement with the static reduction of area of the pressure generating room 3 when impressing unit pressure to the pressure generating room 3.

[0012] If an example is given, in the case of the pressure generating room 3 where length consisted of 0.5 thru/or 2mm as width of face 0.1 thru/or 0.2mm, the depth 0.05, or size of 0.3mm, the helmholtz resonance frequency  $F_H$  will be set to 50kHz thru/or about 200kHz.

[0013] It is constituted so that drawing 2 shows one example of the drive circuit which drives the ink jet type recording head mentioned above, the sign 20 in drawing may be a control signal generating circuit, it may have input terminals 21 and 22 and output terminals 23, 24, and 25, and the printing signal and timing signal from an external device which generate print data may input into terminals 21 and 22 and a shift clock signal, a printing signal, and a latch signal may output from output terminals 23, 24, and 25.

[0014] 26 is a drive signal generating circuit and outputs piezoelectric transducers 9 and 9 and the driving signal which drives 9 .... based on the timing signal from an external device inputted from the terminal 22.

[0015]  $F_1$ ,  $F_1$ , and  $F_1$  .... are flip-flops which constitute a latch circuit, respectively, and  $F_2$ ,  $F_2$ ,

and F2 .. are the flip-flops which constitute a shift register. The printing signal outputted from .... corresponding to each piezoelectric transducers 9 and 9 and 9 .. is latched by flip-flops F1 and F1 and F1 .. flip-flops F2, F2, and F2 — It is constituted so that a selection signal may be outputted to each switching transistors 30 and 30 and 30 .. through OR gates 28 and 28 and 28 ....

[0016] Drawing 3 is what shows one example of the above-mentioned control signal generating circuit 20. The sign 31 in drawing It is initialized in the standup of the timing signal ( drawing 5 (I)) inputted from a terminal 22 with a counter. the time of carrying out counting to the piezoelectric transducers 9 and 9 by which the clock signal from an oscillator circuit 33 is connected to the output terminal 29 of the drive signal generating circuit 26, and the value of 9 .... which is in agreement with a number — the carry signal of LOW level — outputting — counting — actuation is suspended. The carry signal of this counter 31 has the clock signal and AND from an oscillator circuit 23 taken through the AND gate, and outputs a shift clock signal to a terminal 23.

[0017] Moreover, signs 34 are the piezoelectric devices 9 and 9 inputted from a terminal 21, and the memory which memorizes the printing data of the number of bits which is in agreement with 9 ...., and are doubled and equipped also with the function which carries out the serial output of the printing data memorized inside synchronizing with the signal from the AND gate to a terminal 24 for every bit.

[0018] The printing signal ( drawing 5 (VII)) by which serial transmission is carried out from this terminal 24 is latched to switching transistors 30 and 30, the flip-flops F1, F1, and F1 which constitute the above-mentioned shift register with the shift clock signal ( drawing 5 (VIII)) of 30 .... which turned into a selection signal and was outputted from the terminal 23 of a printing signal, and .. the following printing period. In addition, a latch signal is outputted from the latch signal generation circuit 35 synchronizing with falling of the above-mentioned carry signal, and it is the period when the driving signal mentioned later maintains the middle potential VM at the time of the output.

[0019] Drawing 4 is what shows one example of the drive signal generating circuit 26 mentioned above. The sign 36 in drawing It has three cascaded one-shot multivibrators M1, M2, and M3 in a timing-control circuit. To each one-shot multivibrators M1, M2, and M3, respectively Sum T1= of the 1st charging time (Tc1) and the 1st hold time (Th1) (Tc1+Th1), The pulse width PW1, PW2, and PW3 ( drawing 5 (II), III [ (III) ], (IV)) for specifying sum T2= (Td+Th2) of a charging time value (Td) and the 2nd hold time (Th2) and the 2nd charging time Tc 2 is set up.

[0020] It is constituted so that it may turn on and off control of the standup of the pulse outputted from each one-shot multivibrators M1, M2, and M3, the transistor Q2 which performs charge by falling, respectively, the transistor Q3 which performs discharge, and the transistor Q6 which performs 2nd charge may be carried out.

[0021] If the timing signal from an external device inputs into a terminal 22, the one-shot multivibrator M1 which constitutes the timing-control circuit 36 will output the pulse signal ( drawing 5 (II)) of the pulse width PW1 (Tc1+Th1) beforehand set as this. If a transistor Q1 serves as ON by this pulse signal, the capacitor C already charged by potential VM by the initial state will be charged as it is also at the fixed current Ic1 which becomes settled by the transistor Q2 and resistance R1. If the terminal voltage of Capacitor C turns into supply voltage VH by this charge, this voltage will be maintained until charge actuation stops automatically and discharges henceforth.

[0022] Time amount which is next equivalent to the pulse width PW1 of a one-shot multivibrator M1 (Tc1+Th1) = when T1 passes and this is reversed, a transistor Q1 becomes off, and the pulse signal ( drawing 5 (III)) of pulse width PW2 outputs from a one-shot multivibrator M2, a transistor Q3 serves as ON, and Capacitor C is made to discharge. This discharge is continuously performed until it reaches voltage VL mostly as it is also at the fixed current Id which becomes settled by the transistor Q4 and resistance R3.

[0023] If the time amount (Td+Th2) equivalent to the pulse width PW2 of a one-shot multivibrator M2 passes and this is reversed, the pulse signal ( drawing 5 (IV)) of pulse width PW3 will output from a one-shot multivibrator M3, and a transistor Q6 will serve as ON. Thereby,

it charges again with fixed current  $I_{c2}$ , Capacitor C reaches the middle potential  $V_M$  decided by time amount ( $T_{c2}$ ) equivalent to the pulse width  $PW3$  of a one-shot multivibrator  $M3$ , and charge ends it with this potential  $V_M$ .

[0024] By such charge and discharge, it goes up with fixed inclination on voltage  $V_H$  from the middle potential [ as ]  $V_M$  shown in drawing 5, fixed time amount  $T_{h1}$  is held, this voltage  $V_H$  is shortly descended to  $V_L$  with fixed inclination, fixed time amount  $T_{h2}$  is held and the driving signal which goes up to the middle potential  $V_M$  further again generates this voltage  $V_L$ .

[0025] In a place If voltage between  $R_{r3}$  and the base-emitter of transistors  $Q2$ ,  $Q4$ , and  $Q7$  is set [ the resistance of  $C0$  and resistance  $R1$  / the resistance of  $R_{r1}$  and resistance  $R2$  ] to  $V_{be2}$ ,  $V_{be4}$ , and  $V_{be7}$  for the resistance of  $R_{r2}$  and resistance  $R3$ , respectively, the capacity of the capacitor C in the above-mentioned drive signal generating circuit 26 The charging current  $I_{c1}$  mentioned above, the discharge current  $I_d$ , the charging current  $I_{c2}$  and the charging time  $T_{c1}$ , a charging time value  $T_d$ , and the charging time  $T_{c2}$  It is set to  $I_{c1}=V_{be2}/R_{r1}$   $I_d=V_{be4}/R_{r3}$   $I_{c2}=V_{be7}/R_{r2}$   $T_{c1}=C0 \times (V_M - V_M)/I_{c1}$   $T_d=C0 \times (V_H - V_L)/I_d$   $T_{c2}=C0 \times (V_M - V_L)/I_{c2}$ , respectively.

[0026] The piezoelectric transducer 9 in longitudinal-oscillation mode is used as an actuator for carrying out expansion contraction of the pressure generating room 3. Moreover, if it is in the recording head constituted so that the helmholtz frequency  $F_H$  of the pressure generating room 3 might benefit a high-speed drive high Since the duration of the residual vibration of the piezoelectric transducer 9 after the ink drop regurgitation becomes long relatively rather than the period  $T_H$  of the helmholtz frequency  $F_H$  as mentioned above, in response to the effect of the residual vibration of a piezoelectric transducer 9, a meniscus becomes [ a meniscus ] unstable.

[0027] In this example, for for this reason, the purpose which controls the residual vibration of a piezoelectric transducer 9 first Both the discharge time constant  $T_d$  at the time of expanding for the ink drop regurgitation and the charge time constant  $T_{c2}$  at the time of minute expansion of the pressure generating room 3 are made in agreement with the proper oscillation period  $T_a$  of a piezoelectric transducer 9. Further The helmholtz resonance frequency  $T_H$ , the relation between the charge time constant  $T_{c1}$  and the discharge time constant  $T_d$  —  $0.5 T_H < T_{c1} < 2 T_H$  — desirable —  $T_{c1} \times T_H < T_d \times T_a$  — desirable —  $T_d < T_H < T_{c2} \times T_a$  — it sets up so that it may be desirably set to  $T_{c2} < T_H$ . moreover, the ratio of the potential difference  $V_1$  to discharge voltage, i.e., the condition of charge having been completed and having become fixed potential, and the condition which discharge completed, and the condition that discharge was completed and the potential difference  $V_2$  with the middle potential  $V_M$  —  $V_2/V_1 = R_2/1$  set up so that it may become the range of 0.1 thru/or 0.5.

[0028] Actuation of the equipment constituted in this way next is explained. A selection signal is transmitted and flip-flops  $F1$  and  $F1$  and  $F1$  .. are made, as for the control signal generating circuit 20, to latch this selection signal between front printing periods at the period of switching transistors 30, 30, and 30 and .... when all the piezoelectric transducers 9 and 9 and 9 .. are charged by the middle potential  $V_M$ , as mentioned above. Then, a timing signal inputs, the driving signal shown in drawing 5 ( $V$ ) goes up from the middle potential  $V_M$  to voltage  $V_H$ , and a piezoelectric transducer is charged. It contracts with constant speed by this charge, and a piezoelectric transducer 9 expands the pressure generating room 3.

[0029] Through the ink feed hopper 5, the meniscus of a nozzle orifice 2 is drawn in an influx by the pressure generating room 3, and the ink of the common ink room 4 is drawn in coincidence by expansion of this pressure generating room 3 at the pressure generating room 3 side. If a driving signal reaches voltage  $V_H$ , only the period of predetermined time  $T_{h1}$  will maintain this voltage  $V_H$ , and will descend towards potential  $V_L$  after that. If a driving signal descends towards potential  $V_L$ , the piezoelectric transducers 9, 9, and 9 and the charge charge of .... which were charged by voltage  $V_H$  discharge through Diode D, it will elongate and a piezoelectric transducer 9 will shrink the pressure generating room 3. Ink is pressurized by contraction of this pressure generating room 3, and the regurgitation is carried out as an ink drop from a nozzle orifice 2. Then, the meniscus in a nozzle orifice 2 starts vibration.

[0030] Since it has set up so that a driving signal may be turned to the middle potential  $V_M$  from

voltage VL and it may go up again when vibration of a meniscus is most drawn in the pressure generating room 3 side and changes to a nozzle orifice 2 side in this example, a piezoelectric transducer 9 is charged again and the pressure generating room 3 carries out minute expansion. Since the meniscus reversed so that it might move to a nozzle orifice side by minute expansion of this pressure generating room 3 is pulled back at a pressure generating room side, a meniscus has that kinetic energy reduced and decreases that vibration quickly.

[0031] Since it is desirable to give the force of the movement direction of a meniscus and an opposite direction to the ink of the pressure generating room 3 in order to control vibration of the meniscus generated after the ink regurgitation as mentioned above, the timing which carries out the minute expansion of the pressure generating room 3 with the 3rd signal (signal shown by \*\* in drawing 7) has a desirable time (the time amount  $t_2$  in drawing 7) of minute vibration of the meniscus produced after the ink regurgitation beginning to go to a nozzle orifice side.

[0032] By the way, since the ink of the pressure generating room 3 has started vibration on the helmholtz frequency FH of a period TH from the time of the 2nd signal (signal shown by \*\* in drawing 7) being impressed to a piezoelectric transducer 9, and the pressure generating room 3 being contracted, as for the timing which impresses 3rd signal \*\*, it is desirable to set up so that it may become equal to  $T_d + T_h \cdot 2^{**} \cdot T_H \cdot n$  (however, n one or more integers) after all. And when vibration is controlled in the phase where an as much as possible early stage, i.e., a meniscus, exists in the back side of the pressure generating room 3, since it is useful to compaction of generating prevention of ink Myst by vibration of a meniscus, and the time amount to the ink drop regurgitation of a degree, the time of the above-mentioned numeric value n being a small value,  $n = 1$  [ for example, ], as much as possible is desirable.

[0033] on the other hand, a ratio with the relative magnitude V2 of minute expansion of the above-mentioned pressure generating room 3, i.e., the charge voltage by 3rd signal \*\*, and the discharge voltage V1 for the ink drop regurgitation —  $R_2/1$  bring about 0.1 thru/or 0.5, and a desirable result with sufficient 0.2 thru/or sufficient 0.4.

[0034] That is, although the time amount  $tr_1$  until the free vibration of the meniscus produced after the ink drop regurgitation returns a location [ the location suitable for carrying out the regurgitation of the following ink drop ], i.e., nozzle orifice near, is very short as shown in the drawing 8 (\*\*) when not impressing 3rd signal \*\*, in order that a meniscus may project greatly (field shown by crosshatching among drawing) and may carry out from a nozzle orifice 2, it becomes easy to generate ink Myst by the kinetic energy of a meniscus.

[0035] On the other hand, although generating of ink Myst can be prevented since a meniscus is greatly drawn in a pressure generating room side as shown in drawing 8 (\*\*) if voltage V2 of 3rd signal \*\* is made into the same magnitude as discharge voltage V1, the time amount  $tr_6$  until it returns to the location for carrying out the regurgitation of the following ink drop becomes very long, and is obtained and lost [ colander / lowering ] in drive frequency.

[0036] these results — being based — a ratio — the reset time  $tr_{12}$  to the location for carrying out the regurgitation of the following ink drop can be shortened, pulling back the meniscus which is oscillating freely as shown in drawing 8 (b) to a pressure generating room side, decreasing kinetic energy, and preventing generating of ink Myst, if  $R_2/1$  are set about to 0.1.

[0037] and this ratio —  $R_2 / 1$  — 0.3 and 0. — since the meniscus of what can attenuate vibration of a meniscus at an early stage will be greatly drawn in a pressure generating room side as shown in drawing 8 (Ha), (d), and (e) if it enlarges with 5 and 0.7, the time amount  $tr_3$ ,  $tr_4$ , and  $tr_5$  until the regurgitation of the following ink drop becomes possible becomes large.

[0038] If these situations are taken into consideration, 0.1 thru/or 0.5, and the high frequency response nature of [ if it is desirably set as the range of 0.2 thru/or 0.4 ] 10kHz or more can be obtained for voltage ratio  $R_2/1$  of a driving signal, and coexistence with generating prevention of ink Myst and improvement in a print speed can be aimed at.

[0039] As mentioned above, the meniscus of a nozzle orifice 2 is the speed proportional to the expansion speed of the pressure generating room 3, and it has the phenomenon of returning toward a nozzle orifice 2, vibrating from the location which was drawn in the pressure generating room side and drawn most. Drawing 10 shows this phenomenon and shows the relation between the driving signal for shrinking a piezoelectric transducer 9 and expanding the pressure



generating room 3, and the amount of drawing in of the meniscus at that time. Movement of a meniscus when an alternate long and short dash line makes it go up on voltage VH from the voltage VM 2 higher than voltage VM 1 when a continuous line raises the voltage of a driving signal on voltage VH from the middle potential VM 1 in drawing 10 is expressed.

[0040] Since it is proportional to the amount of expansion of a pressure generating room as were shown in drawing 10, and signs m1 and m2 showed the amount of drawing in of the meniscus after fixed time amount T1 progress from expansion initiation of the pressure generating room 3, if the pressure generating room 3 is shrunk to fixed timing, each meniscus in the time of an ink drop being breathed out will serve as a location of distance D1 and D2.

[0041] That is, since the meniscus at the ink drop regurgitation time exists in the location of distance D1 distant distantly [ nozzle orifice / 2 ] when raising the voltage of a driving signal on voltage VH from the middle potential VM 1, there are few amounts of ink which constitute an ink drop, and the dot of small size is printed by the record form. On the other hand, since the meniscus in an ink drop regurgitation time exists in the location of the distance D2 near a nozzle orifice 2 when raising the voltage of a driving signal on voltage VH from the middle potential VM 2, the amount of ink of an ink drop will increase and the dot of big size will be formed in a record form. If it puts in another way, it will become possible by adjusting the middle potential of a driving signal to change the amount of ink of an ink drop and to adjust dot size.

[0042] The one-shot multivibrator M3 which drawing 9 shows the example for adjusting the dot size formed in a record medium, using such a phenomenon positively, uses a thing equipped with a function equivalent to drawing 2 thru/or drawing 4 mentioned above as a drive, and merely constitutes a timing circuit 36 is equipped with the adjustment function which carries out an adjustable setup of the time constant with an external signal in order to enable adjustment of the pulse width of the signal made to output from now on from host equipment.

[0043] In this example, when a timing signal inputs, expansion of the pressure generating room 3 was made to start and time amount T1 has passed since the expansion initiation time, actuation until it shrinks the pressure generating room 3 and makes an ink drop breathe out is as having mentioned above. When vibration of the meniscus generated in connection with the regurgitation of an ink drop changes to a nozzle orifice side, a one-shot multivibrator M3 operates, the voltage of a driving signal is raised from voltage VL to predetermined middle potential, and minute expansion of the pressure generating room 3 is carried out.

[0044] At this time, the pulse width of a one-shot multivibrator M3 is adjusted that the size of the dot printed the following printing period should be determined. Since the voltage of the middle potential VM is proportional to the pulse width of the signal of a one-shot multivibrator M3, if the pulse width of a one-shot multivibrator M3 is controlled by the signal from a host, it adjusts the middle potential in the case of the ink drop regurgitation of a degree, i.e., the charge starting potential of a piezoelectric transducer 9, like voltage VM1 and VM2, and can change the size of the dot on a record medium freely.

[0045] the ink weight of an ink drop when drawing 11 boils variously the middle potential VM mentioned above and changes it — It is what shows the result when changing R2/1 from 0.18 to 0.33, and a ratio with the discharge voltage V1 at the time of making the middle potential VM and an ink drop breathe out the result of having investigated speed — The amount of ink changes a lot also 1.2 times from 0.046 to 0.056microg to the speed of an ink drop changing only 7.5 thru/or 8.0 m/s, and in [ very small ] about 1.06 times, but being concerned with the middle potential VM, and taking about 1 constant value that there is nothing.

[0046] the pulse width PW3 of a one-shot multivibrator M3 is changed from this — making — a ratio — if R2/1 are adjusted — the impact location of an ink drop — fluctuation — moreover, it was proved that the size of the dot on a record form could be adjusted to arbitration, without causing generating of ink Myst.

[0047] Next, the 3rd example which used the above-mentioned timing generating circuit 36 positively so that a quality of printed character might be kept constant irrespective of the specification of a recording head and change of environmental temperature is explained. Although the meniscus in a nozzle orifice 2 will start vibration as shown in drawing 7 if an ink drop carries out the regurgitation as mentioned above, this oscillation frequency is governed by the frequency

FH of helmholtz resonance, and depends for the frequency FH of helmholtz resonance on the physical properties of the manufacture tolerance of each recording head, or ink.

[0048] For this reason, when a lot etc. changes, even if it is the recording head of the same specification, it says [ it ] that it changes and is problematic [ helmholtz resonance frequency ]. What is necessary is just to double the pulse width PW2 of a one-shot multivibrator M2 with the helmholtz resonance frequency FH of each recording head, if it says in the timing adjustment means of the control unit built into each recording device, and this example in order to cope with such a problem.

[0049] Namely, although the time amount T21, T22, and T23 until a meniscus returns to a nozzle orifice from t1 at the discharge-starting time differs delicately as shown to the drawing 12 (\*\*), (\*\*), and (Ha) when helmholtz resonance frequency is changed If the time amount is finely tuned so that a one-shot multivibrator M2 may be reversed when vibration of the meniscus in each recording head arrives at the optimal location In the next phase, since the pressure generating room 3 carries out minute expansion, the kinetic energy of the ink in the pressure generating room 3 is made to be reduced accurately, and generating of ink Myst is prevented.

[0050] If it puts in another way, even if a pressure generating room can carry out minute expansion to the always optimal timing and it is in the helmholtz resonance frequency FH between recording heads with a rose only by adjusting the time of impressing the 3rd signal so that it may double for each recording head of every with the pulse width PW2 of a one-shot multivibrator M2, a recording head can be driven by the same drive frequency, without causing deterioration of a quality of printed character.

[0051] On the other hand, with environmental temperature, the physical size of a recording head, an elastic modulus, and since the physical properties of ink change further, the frequency FH of helmholtz resonance also receives effect in an environmental temperature greatly.

[0052] When two or more recording heads were extracted as a sample from the recording head of manufactured a large number and the temperature dependence of the period TH of helmholtz resonance of each recording head was investigated, as shown in drawing 13, the value (\* mark in drawing, \*\* mark, O mark, \*\* mark, and x mark show) changed with temperature for every recording head. However, there was no individual difference in the rate of change of the frequency FH of helmholtz resonance for every recording head, and although it changed with the almost same orientation to temperature, it became clear.

[0053] Therefore, by adjusting the time amount T2 of the time of impressing the 3rd signal (signal [ of drawing 7 ] \*\*) from the time of discharge being started for the ink drop regurgitation, as shown in drawing 14 corresponding to environmental temperature It becomes possible to be able to choose the time of the ability to decrease effectively the kinetic energy of the meniscus which goes to a nozzle orifice at one's own discretion, and to be able to expand the pressure generating room 3 again, therefore to be concerned with environmental temperature, and to prevent generating of ink Myst certainly that there is nothing.

[0054] Drawing 15 shows one example for adjusting the impression stage of the 3rd signal according to environmental temperature, makes the signal from the temperature detection means 38 input into the 2nd one-shot multivibrator M2 of the timing-control circuit 35, and it is constituted so that the width of face PW2 of the pulse outputted from a one-shot multivibrator M2 may be controlled.

[0055] Since the signal from the temperature detection means 38 can adjust the initiation stage of minute expansion of the pressure generating room 3 corresponding to environmental temperature, are concerned, there is nothing to change of environmental temperature, the kinetic energy of a meniscus can be attenuated certainly, and stability can be made to breathe out an ink drop according to this example.

[0056] In addition, in case a driving signal descends on voltage VL from voltage VH, the piezoelectric transducer 9 which there is no printing signal and was connected to the switching transistor 30 of non-switch-on will start discharge, if the voltage of a driving signal falls below to VM. Thereby, the pressure generating room 3 carries out micro shrinkage. On the other hand, the output from the one-shot multivibrator M3 which had signal level reversed makes coincidence flow through all the switching transistors 30 through OR gate 28 with an inverter 37. By these

things, since micro shrinkage will be carried out, minute expansion and the meniscus currently formed near the nozzle orifice carry out minute vibration of the pressure generating room 3 at a degree without the regurgitation of an ink drop in the piezoelectric transducer 9 without regards to printing. This minute vibration contributes to extending time amount until it urges stirring with the ink near the nozzle orifice, and the ink of a pressure generating room, it prevents thickening of the ink of a nozzle orifice 2 as much as possible and it results in the blinding of ink.

[0057] Drawing 16 shows other examples of the above-mentioned drive signal generating circuit 26, and the sign 40 in drawing is a current regulator circuit. It consists of transistors Q111, Q112, and Q113 and resistance R111, R112, R113, R114, R115, R116, and R117. It operates with the signal of high REBARU inputted into an input terminal IN101. The current I1 which becomes settled with the resistance r111 of resistance R111 and the voltage VBE111 between BESU emitters of a transistor Q111,  $I1 = VBE111 / r111$  [ i.e., ], is outputted, and a capacitor C101 is charged.

[0058] A capacitor C101 goes up with the voltage inclination to which it charges according to current I1, and the terminal voltage becomes settled with the charging current I1 and the electrostatic capacity c101 of a capacitor C101 and which becomes  $dV/dt = I1 / c101$ .

[0059] 41 is the 2nd current regulator circuit and transistors Q121, Q122, and Q123 and resistance R121, R122, R123, R124, R125, R126, and R127 constitute it — having — \*\*\*\* — the 1st current regulator circuit 40 — the same — the input of the signal to an input terminal IN102 — the charging current of a law is supplied to a capacitor C101.

[0060] 42 is the 3rd current regulator circuit. By transistors Q131 and Q132 and resistance R131, R132, R133, R134, and R135 It is constituted as a current regulator circuit of the sink mold which operates with the signal of high REBARU inputted into the input terminal IN103. The current I3 which states and becomes settled with the voltage VBE131 between — sault emitters,  $I3 = VBE131 / r131$  [ i.e., ], makes the charge charge of a capacitor C101 discharge through an intermediary R131 transistor Q131 with the resistance r131 of resistance R131.

[0061] By this 3rd current regulator circuit 42, the terminal voltage of a capacitor C101 descends with  $dV/dt = I3 /$  voltage inclination of c101 which becomes settled with current I3 and the electrostatic capacity c101 of a capacitor C101.

[0062] 43 is the 4th current regulator circuit and is constituted by transistors Q141 and Q142 and resistance R141, R142, R143, R144, and R145 as a current regulator circuit of a sink mold like the 3rd current regulator circuit 42. The terminal voltage of the capacitor C101 in which charge and discharge are carried out by the current from each [ these ] current regulator circuits 40–43 is outputted to a terminal OUT101 as a driving signal through the current buffer 44 which consists of transistors Q101, Q102, Q103, and Q104, and is supplied to a piezoelectric transducer 9.

[0063] Thus, actuation of the constituted circuit is explained based on drawing 17 . If the signal of HI level of predetermined time t1 inputs into an input terminal IN101 during a printing preparation period, current I1 will output from the 1st current regulator circuit 40, a capacitor C102 will be charged, the voltage of an output terminal OUT101 will be raised with time amount to the middle potential VM, and the 1st signal will be generated. If time amount t1 passes, it will be set to LOW level, charge of a capacitor C102 will stop the signal of an input terminal IN101, and output voltage will be henceforth maintained to middle \*\*\*\*\* VM.

[0064] if it enters in this condition at a printing period — the time amount t2 beyond the time amount which needs the terminal voltage of a capacitor C101 to start from the middle potential VM to supply voltage VH, and an input terminal IN102 — the signal of HI level — impressing — the voltage of a driving signal — from the middle potential VM up to [ near supply voltage VH ] — time amount — rising — henceforth — this — this voltage VH is maintained mostly. the part by which the pressure generating room 3 is equivalent to the potential difference of the middle potential VM and supply voltage VH by this — it expands.

[0065] And according to the timing of the ink regurgitation, the signal of HI level of the time amount t3 beyond time amount required even for a zero bolt to reduce the terminal voltage of a capacitor C101 mostly is inputted into an input terminal IN103, a driving signal is reduced to a zero bolt degree, and the 2nd signal is generated.

[0066] Then, the timing which movement of the meniscus produced after the ink drop regurgitation can be made to \*\*\*\* is aimed at, HI level signal of time amount t1 is inputted into an input terminal IN101, the voltage of a driving signal is raised to the middle potential VM, and the 3rd signal is generated. The pressure generating room 3 carries out minute expansion with this signal, and a meniscus is pulled back to a pressure generating room side. Henceforth, the 1st, 2nd, and 3rd above-mentioned signals are made to output for every 1 printing signal during a printing period.

[0067] After printing of one line is completed, only the time amount t4 beyond time amount required even for a zero bolt to bring down the terminal voltage of a capacitor C101 impresses the signal of HI level to an input terminal IN104, and reduces a driver voltage wave to near a zero bolt. In addition, since the pressure generating room 3 carries out micro shrinkage by the fall of this voltage, that time constant is set as the big value which is the degree in which ink does not carry out the regurgitation, and the 4th current regulator circuit 43 is constituted so that voltage may fall gently-sloping.

[0068] Drawing 18 shows the actuation in the case of performing printing actuation using the drive signal generating circuit mentioned above, and as mentioned above, it sets it at a printing preparation period. The period and full power ON signal with which driver voltage starts from the zero bolt to the middle potential VM are made into HI level. By making all bidirectional switching transistor 30' ( drawing 19 ) into switch-on, regardless of print data, this middle potential VM is supplied to all the piezoelectric transducers 9, and all the piezoelectric transducers 9 are charged to the middle potential VM.

[0069] Next, in the usual printing period, when a full power ON signal is LOW level, it does not charge at the piezoelectric transducer 9 which is not chosen as the specific piezoelectric transducer 9 by charging by impressing a driving signal through bidirectional switching transistor 30' through which it has flowed alternatively by print data 1 thru/or print-data n, but the middle potential VM is merely maintained.

[0070] Moreover, HI level of the full power ON signal is carried out once [ at least ] among the periods from which a driver voltage wave is held in the time of initiation of 1 printing period, and termination at the middle potential VM. The recharge of the piezoelectric transducer to which there are no print data into 1 printing period, the condition of not driving continued by this for a long time, and the middle potential VM fell by discharge is carried out, middle potential is raised on the voltage VM of normal, and refresh can be aimed at.

[0071] Furthermore, in a printing post process period, a driver voltage wave is the phase which fell near the zero bolt from the middle potential VM, and makes a full power ON signal HI level. Thereby, the residual charge of all the piezoelectric transducers 3 will discharge certainly, and prevents generating of the minute ink drop resulting from the expansion which the piezoelectric transducer by a noise etc. does not mean, and contraction by using terminal voltage of a piezoelectric transducer 9 as a zero bolt.

[0072] Since the example shown in drawing 16 can set up independently the power surge of the 1st signal which goes up on voltage VH from the middle potential VM, the 2nd signal which descends from voltage VH to 0 volts of abbreviation, and the 3rd signal which goes up from 0 volts of abbreviation to the middle potential VM, and the voltage inclination in the case of a voltage drop, it can set up the driving signal which suited the property of a recording head much more appropriately. In addition, although especially the signal generation circuit that outputs the signal impressed to input terminals IN101-IN104 is not specified in the example shown in drawing 16 , it is clear that it can constitute by the timing equalization circuit which cascaded the one-shot multivibrator as shown, for example in drawing 4 .

[0073] In addition, although by expanding a pressure generating room and making the charge of a piezoelectric transducer discharge explained the case where it applied to the ink jet arm head of the format which is made to contract a pressure generating room and carries out the regurgitation of the ink drop, by charging a piezoelectric transducer in the above-mentioned example Even if it applies to the recording head using the piezoelectric transducer 54 which elongates at the time of charge according to d33 so-called effect which carried out the laminating of piezoelectric material 51 and the electrode materials 52 and 53 in the oscillating

direction by turns as shown in drawing 20 , and is contracted at the time of discharge, it is clear to do the same operation so.

[0074] Namely, what is necessary is just to input a signal to timing as shown in each input terminal IN101, IN102, IN103, and IN104 of the drive signal generating circuit mentioned above at drawing 21 .

[0075] Moreover, although the example was taken and explained when serial transmission of the control data was carried out to the switch 30 which drives a piezoelectric transducer in an above-mentioned example When there are few piezoelectric transducers which constitute the recording head As serial parallel conversion means, such as a shift register, are excluded and it was shown in drawing 22 Even if it inputs direct into OR gate 46 which outputs a signal to the control gate of a switch 30 for print data or all ON signals and makes it output a driving signal to a piezoelectric transducer 9, it is clear to do the same operation so.

[0076] Moreover, although the output time of each signal is controlled by the one-shot multivibrator in an above-mentioned example, it is clear that other timing-control means, such as a microcomputer, can be used.

[0077]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the 1st signal to which a pressure generating room is made to expand in this invention as explained, The 2nd signal which shrinks the pressure generating room in an expansion condition, and makes an ink drop breathe out from said nozzle orifice, Since it had a drive signal generation means to output the 3rd signal to which a pressure generating room is made to expand to capacity smaller than the expansion capacity by the 1st signal when vibration of the meniscus produced after the ink drop regurgitation went to the nozzle orifice side While preventing generating of ink Myst which can draw the meniscus which is going to go to the nozzle orifice in the regurgitation of an ink drop by expansion of a pressure generating room, can be attenuated effectively, and originates in the kinetic energy of a meniscus For the ink drop regurgitation of a degree, a meniscus can be stopped in a fixed location and stability of flight can be aimed at.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

## [Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the cross section showing one example of the ink jet type recording head used for the ink jet recording device of this invention.
- [Drawing 2] It is the block diagram showing one example of the ink jet type recording device of this invention.
- [Drawing 3] It is the block diagram showing one example of the control signal generating circuit in equipment same as the above.
- [Drawing 4] It is the circuit diagram showing one example of the drive signal generating circuit in equipment same as the above.
- [Drawing 5] It is the wave form chart showing actuation of drawing (I) thru/or (VIII) \*\*\*\*\* same-as-the-above equipment.
- [Drawing 6] It is drawing showing each parameter which specifies a driving signal.
- [Drawing 7] It is drawing showing the action of a meniscus with relation with a driving signal.
- [Drawing 8] (b) Or (\*\*) shows the action of the meniscus at the time of changing the ratio of the 2nd driving signal to total driver voltage, respectively, and drawing (\*\*) is [ drawing (Ha) of drawing (\*\*) ] a wave form chart in which in drawing (d) drawing (e) shows the case of 0.5 and the case of 0.7 and drawing (\*\*) show the case of 1 for the case of 0.3 about the case of 0.1 in the case of 0.
- [Drawing 9] Drawing (I) thru/or (VI) are the wave form charts showing other examples of \*\*\*\*\* this invention.
- [Drawing 10] It is drawing showing the action of a meniscus with relation with a driving signal from expansion initiation of a pressure generating room to the ink drop regurgitation.
- [Drawing 11] It is drawing showing the speed of the ink drop to the ratio of discharge voltage and minute charge voltage, and the relation of the amount of ink.
- [Drawing 12] drawing (\*\*) or (Ha) it is drawing showing the return time amount of the meniscus after \*\*\*\*\* helmholtz resonance frequency and the ink drop regurgitation.
- [Drawing 13] It is the diagram showing the relation between environmental temperature and the period of helmholtz resonance.
- [Drawing 14] It is the diagram showing the relation between environmental temperature and the stage to impress the 3rd signal.
- [Drawing 15] It is the block diagram showing other examples of this invention.
- [Drawing 16] It is the circuit diagram showing one example of a drive signal generating circuit.
- [Drawing 17] It is the wave form chart showing actuation of a circuit same as the above.
- [Drawing 18] It is the wave form chart showing actuation of the circuit same as the above under 1 presswork.
- [Drawing 19] It is the block diagram showing one example of the ink jet type recording device suitable for driving by the drive signal generating circuit shown in drawing 16 .
- [Drawing 20] It is drawing showing other examples of the ink jet type recording head which can apply the drive technology of this invention.
- [Drawing 21] It is the wave form chart showing the control method at the time of using the drive signal generating circuit shown in drawing 16 since a recording head same as the above is driven.

[Drawing 22] It is the block diagram showing other examples of the impression method of print data.

[Description of Notations]

1 Nozzle Plate

2 Nozzle Orifice

3 Pressure Generating Room

8 Elastic Plate

9 Piezoelectric Transducer

---

[Translation done.]